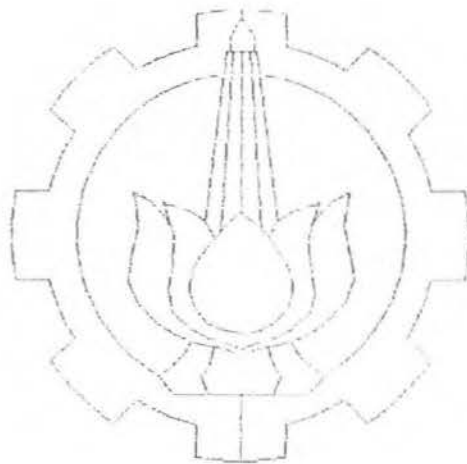


4223  
TUGAS AKHIR (NA.1701)

**KOMPUTERISASI PENYIMPANGAN  
BENTUK KOMPONEN 3-D KAPAL PADA  
TAHAP ASSEMBLY DENGAN METODE  
MATCHING PROCESS**



RSPe  
670.285  
Err  
k-1  
1999.

oleh:  
R. Deddy Erryanto  
NRP. 4192 100 028

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA, 1999**

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terbit	27/9/2000
	H
	21.2069

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR (NA.1701)

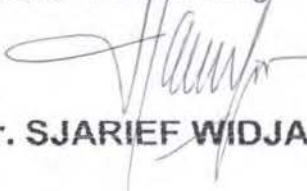
**KOMPUTERISASI PENYIMPANGAN  
BENTUK KOMPONEN 3-D KAPAL PADA  
TAHAP ASSEMBLY DENGAN METODE  
MATCHING PROCESS**

oleh:

R. Deddy Erryanto  
NRP. 4192 100 028

Telah diperiksa dan dinyatakan siap untuk diujikan  
pada tanggal, 18 Pebruari 1999

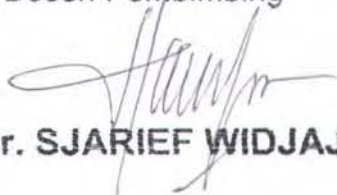
Surabaya, 12 Pebruari 1999  
Dosen Pembimbing



**DR. Ir. SJARIEF WIDJAJA**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TELAH DIREVISI SESUAI DENGAN PROSES VERBAL**

Surabaya, 22 Pebruari 1999  
Dosen Pembimbing



**DR. Ir. SJARIEF WIDJAJA**



# JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

## FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

### SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 45 /PT12.FTK2/M/199 8

Nama Mahasiswa : Deddy Erryanto  
Nomor Pokok : 4192100028  
Tanggal diberikan tugas : 16 Maret 1998  
Tanggal selesai tugas : 16 Juli 1998  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Sjarief Widjaja, Ph.D.  
2. ....

#### Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

~~/~~KOMPUTERISASI PENYIMPANGAN BENTUK KOMPONEN 3 - D KAPAL PADA TAHAP ASSEMBLY-  
DENGAN METODE MATCHING PROSES~~/~~

sOn

Surabaya, 16 Maret 1998  
Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS  
Ketua,



Ir. Koestowo Sastro Wiyono  
NIP. 130 687 430.

#### Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Semoga sholawat dan salam terlimpah pada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan seluruh ummat manusia. Kemudian penulis bersyukur kehadiran Allah SWT, yang karena kehendak dan Kuasa-Nya Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan dalam waktu satu tahun.

Tugas Akhir dengan judul " Komputerisasi Penyimpangan Bentuk komponen 3-D Kapal Pada Tahap Assembly dengan Metode Matching Process " ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Kelautan Jurusan Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya, guna melengkapi prasyarat kesarjanaan.

Dan penulis menyampaikan rasa terima-kasih yang teramat dalam kepada :

- Bapak( alm). , Ibu, Kakak, dan spesial untuk Zaravia Dewanty yang telah memberi dukungan baik moral maupun material sehingga penulis bisa menyelesaikan studi.
- Bapak DR. Ir. Sjarief Widjaja selaku dosen wali sekaligus dosen pembimbing Tugas Akhir.
- Bapak Ir. Koestowo , selaku Ketua Jurusan T. Perkapalan.
- Seluruh Staf Pengajar dan Karyawan FTK, dan rekan mahasiswa P-32, Hendrik, Adi, Nurdin " boy ", Wira khususnya mas Soediono

Akhirnya penulis hanya bisa berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca.

Dan dengan kerendahan hati, penulis menerima segala saran dan kritik untuk perbaikan tulisan ini.

Surabaya, 5-agustus-1999

Penulis



## ABSTRAK

Dalam Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai penyimpangan bentuk komponen 3-D yang terjadi dengan metode *matching process* pada proses produksi komponen bangunan kapal dalam tahap *assembly*. Matching process ialah kegiatan membandingkan antara gambar 3-D sebenarnya berasal dari pengukuran suatu komponen hasil proses produksi dengan gambar 3-D perencanaan. Hasil yang diperoleh berupa data-data penyimpangan bentuk komponen bangunan kapal. Selanjutnya akan direncanakan suatu program dengan menggunakan komputer dalam melaksanakan metode matching proses.

Metode matching proses diperlukan sehubungan dengan masih banyaknya pekerjaan rework yang terjadi selama proses produksi komponen bangunan kapal yang dapat menambah biaya dan waktu produksi akibat penyimpangan bentuk dan dimensi. Pelaksanaan matching proses dibutuhkan untuk mengetahui ketepatan ukuran dan bentuk komponen 3-D kapal guna menghindari pekerjaan rework dalam pembuatan komponen yang sejenis berikutnya.

Dengan menggunakan sistem komputerisasi diharapkan pelaksanaan metode matching proses akan menjamin hasil yang memiliki akurasi yang tinggi.

## DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. LATAR BELAKANG MASALAH	I-1
I.2. PERUMUSAN MASALAH	I-3
I.3. BATASAN MASALAH	I-3
I.4. TUJUAN DAN MANFAAT	I-4
I.5. METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS	I-4
I.6. KESIMPULAN AWAL	I-5
BAB II TEKNOLOGI PEMBANGUNAN KAPAL	II-1
II.1. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PEMBANGUNAN KAPAL	II-1
II.2. FAKTOR-FAKTOR PROSES PRODUKSI	II-6
II.3. TAHAPAN PROSES PRODUKSI PEMBANGUNAN KAPAL	II-9
II.3.1 TAHAP PERSIAPAN	II-10
II.3.2. TAHAP FABRIKASI	II-11
II.3.3. TAHAP SUB ASSEMBLY	II-16



II.3.4. TAHAP ASSEMBLY	II-17
II.3.5. TAHAPERECTION	II-18
II.4. PERMASALAHAN DALAM PROSES PRODUKSI	II-20
BAB III KONSEP DASAR KOMPUTER GRAFIS	III-1
III.1. KONSEP DASAR BENDA 3-D	III-1
III.2. PENYAJIAN OBYEK 3-D	III-2
III.2.1. PERMUKAAN POLIGON (POLYGON SURFACES)	III-2
III.2.2. JARING-JARING POLIGON (MESH)	III-5
III.2.3. SISTEM KOORDINAT CARTESIAN 3-D	III-6
III.3. B-SPLINE CURVE	III-8
BAB IV KOMPUTERISASI	IV-1
IV.1. SISTEM KOORDINAT MATCHING PROCESS	IV-3
IV.2. KONSEP LANGKAH MATCHING PROCESS	IV-4
IV.3. PROGRAM MATCHING PROCESS	IV-9
BAB V PENYUSUNAN PROGRAM	V-1
V.1. DIAGRAM ALUR PROGRAM MATCHING PROCESS	V-1
V.2. STRUKTUR PROGRAM MATCHING PROCESS	V-3
BAB VI DISKUSI DAN REKOMENDASI	VI-1
BAB VII KESIMPULAN	VII-1
DAFTAR PUSTAKA	vi
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi	II-2
Gambar II-2 Komponen Product Oriented Work Break-Down Structure	II-4
Gambar III-1 Gambar Dua Permukaan Poligon Yang Saling Bersinggungan	III-3
Gambar III-2 Jaring Segitiga Yang Dibentuk Oleh 11 Segitiga Menghubungkan 13 Vertex	III-5
Gambar III-3 Jaring Empat Sisi Mengandung Duabelas Segiempat Yang Dibentuk Dari 5x4 Array Vertex Input	III-6
Gambar III-4 Sistem Koordinat Tiga Dimensi	III-7
Gambar III-5 Koordinat Cartesian Dengan Kaidah Tangan Kanan	III-8
Gambar IV-1 Penentuan Titik Origin Koordinat 3-D Matching Process	IV-3
Gambar IV-2 Langkah Matching Process	IV-6
Gambar V-1 Diagram Alur Matching Process	V-2
Gambar V-2 Tampilan Form Utama	V-3
Gambar V-3 Tampilan Form Kurva	V-7

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. LATAR BELAKANG MASALAH**

Dewasa ini galangan kapal Nasional mulai menerapkan sistem Accuracy Control (A/C) pada proses produksi guna memenuhi tuntutan konsumen mengenai harga murah, waktu pembuatan yang singkat, dan hal yang penting adalah mutu bangunan kapal yang sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Sistem ini diterapkan agar galangan Nasional dapat bersaing di pasar dunia dalam bidang industri perkapalan.

Maksud diterapkannya sistem A/C yaitu untuk mencapai suatu standar mutu galangan yang digunakan sebagai pengendali mutu produk sekaligus biaya produksi. Sistem A/C yang digunakan merupakan salah satu bentuk pengembangan teknologi produksi yang diarahkan untuk mengetahui penyimpangan bentuk dan dimensi komponen badan kapal selama proses produksi.

Dalam melaksanakan tiap proses produksi pembuatan komponen kapal selalu berdasarkan gambar kerja dari bagian perencanaan. Komponen yang dihasilkan selama proses produksi belum tentu mempunyai bentuk dan dimensi yang benar-benar sesuai dengan rencana pada gambar kerja. Penyimpangan bentuk dan dimensi yang

terjadi tidak dapat diidentifikasi pada tahap dini, tetapi penyimpangan yang terjadi baru dapat diketahui pada tahap lanjut (proses erection), dimana penyelesaian sudah cukup sulit.

Pada saat ini untuk mengetahui kesalahan yang mungkin terjadi selama proses produksi digunakan metode pemeriksaan yang merupakan perwujudan konsep A/C. Pemeriksaan ini dilaksanakan untuk setiap langkah pekerjaan pada tiap tahapan proses produksi.

Urutan pemeriksaan selalu dilaksanakan oleh pekerja sampai surveyor QA/C maupun owner berdasarkan standar atau ketentuan yang telah disepakati bersama. Untuk mengidentifikasi kesalahan-kesalahan tersebut sangat tergantung dari keahlian dan pengalaman pelaku pemeriksa. Isi data laporan yang berhubungan dengan kesalahan penyimpangan bentuk dan dimensi hanya bersifat mengidentifikasi, tetapi belum memberikan informasi besar penyimpangan secara mendetail dan akurat. Hal ini dikarenakan belum adanya suatu metode yang dapat digunakan untuk mengukur besar penyimpangan tersebut secara detail dan akurat.

Oleh karena itu penulis menganggap perlu dicari suatu metode yang dapat digunakan. Metode yang dicari harus dapat menghasilkan suatu angka yang menyebutkan besar penyimpangan bentuk dan dimensi dengan mendetail dan akurat. Metode ini dinamakan *matching process* yaitu pencocokkan antara data dari pengukuran komponen 3-D hasil proses produksi terhadap detail ukuran dan detail dari gambar



perencanaan komponen kapal. Dengan mencocokkan kedua data ini diharapkan bahwa besar penyimpangan bentuk dan dimensi dapat didapatkan. Pelaksanaan metode ini menggunakan program komputer, sehingga data yang dihasilkan detail dan akurat dan tidak memerlukan orang dengan keahlian khusus untuk dapat mengoperasikannya.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Bagaimana penyusunan metode matching process dengan menggunakan pemrograman komputer khususnya pada tahap assembly agar besar penyimpangan bentuk komponen 3-D kapal dapat diketahui.

## **1.3. BATASAN MASALAH**

Batasan permasalahan Tugas Akhir ini adalah pada konsep dasar matching process mengenai langkah atau logika yang digunakan, serta dibatasi untuk permasalahan pada proses assembly.

Pengembangan perangkat lunak untuk membantu tahap assembly dengan menggunakan metode matching process ini memakai titik berat sebagai titik acuan dan diassumsikan koordinat titik beratnya telah diketahui.

Penulisan tugas akhir ini ditekankan pada pengembangan perangkat lunak untuk membantu tahap assembly dengan menggunakan metode matching proses, sehingga perhitungannya tidak dibahas secara mendetail.

## **1.4. TUJUAN DAN MANFAAT**

### **1.4.1. Tujuan**

- \* Memberikan informasi dalam bentuk data penyimpangan bentuk komponen 3-D kapal dalam proses produksi secara detail dan akurat.
- \* Penggunaan sistem komputerisasi data yang diperoleh mempunyai tingkat akurasi yang tinggi dan proses dapat dilakukan dengan cepat.

### **1.4.2. Manfaat**

- \* Mempercepat pelaksanaan pemeriksaan komponen kapal pada semua tahapan proses produksi.
- \* Menghindari pekerjaan rework dalam proses produksi suatu komponen kapal apabila kesalahan penyimpangan bentuk dan dimensi dapat diketahui secara cepat, detail dan akurat.

## **1.5. METODOLOGI DAN MODEL ANALISIS**

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data hasil pekerjaan pada tahap assembly yang selanjutnya dibandingkan dengan bentuk komponen 3-D hasil design (perhitungan secara matematis). Adapun langkah-langkah pekerjaan meliputi sbb :

1. Mengadakan studi pustaka untuk mendapatkan referensi yang dibutuhkan dalam membuat program komputer untuk matching proses bentuk komponen 3-D hasil proses assembly.
2. Mencari batasan yang dipakai yaitu :



1. Penentuan program yang digunakan.
2. Batasan tahap pemrosesan yang dievaluasi.
3. Hasil perhitungan atau design dibandingkan dengan hasil pengerjaan yang dilakukan di lapangan khususnya pada tahap assembly.

## **I.6. KESIMPULAN AWAL**

Dengan melaksanakan metode matching process dengan sistem komputerisasi identifikasi penyimpangan bentuk komponen 3-D kapal pada proses produksi dapat diperoleh dengan tingkat ketelitian yang baik.

## **BAB II**

### **TEKNOLOGI PEMBANGUNAN KAPAL**

#### **II.1. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PEMBANGUNAN KAPAL**

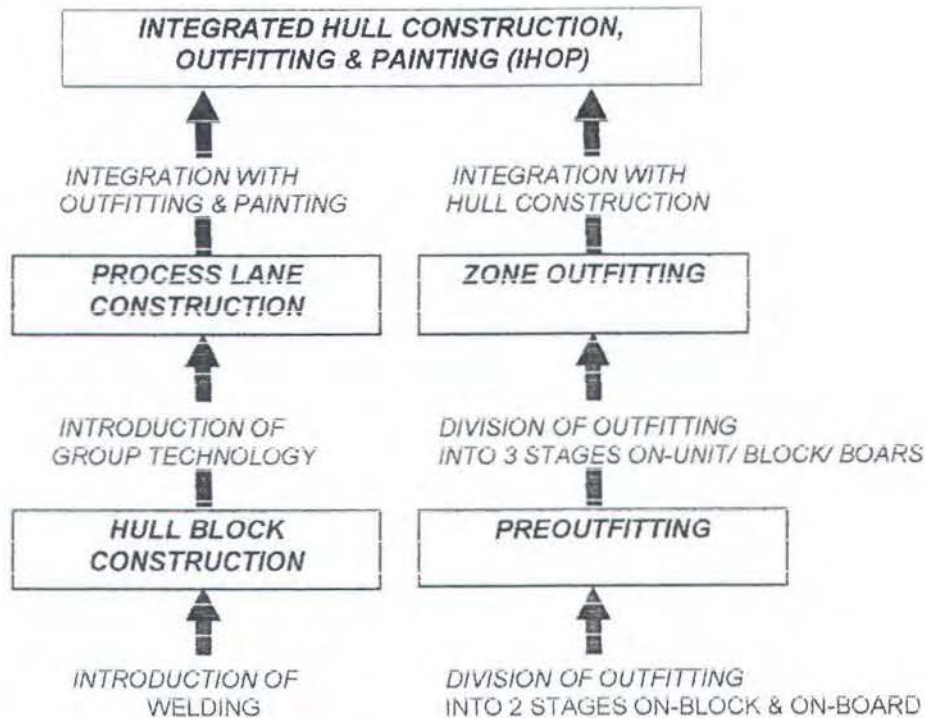
Teknologi pembangunan kapal mulai berkembang pesat setelah Perang Dunia II, yang disponsori oleh IHI-Shipyards, Japan. Pengembangan tersebut didasarkan pada usaha peningkatan efisiensi pada proses produksi atau produktivitas pada pembangunan beberapa kapal Tanker berukuran besar.

Salah satu hal yang harus dilakukan suatu galangan untuk meningkatkan efisiensi pada proses produksinya adalah menghasilkan produk sesuai dengan standar kualifikasinya. Diantaranya adalah penerapan sistem Proses Lane Construction, yakni dengan memproduksi komponen kapal berdasarkan Product Oriented yaitu Product Work Breakdown Structure (PWBS). Secara umum PWBS dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Produk dikelompokkan berdasarkan kesamaan proses.
- Komponen-komponen diklasifikasikan menurut kebutuhan material, Man Power, fasilitas dan lain-lain.
- Kapal dibagi dalam bok-blok (Hull dan Outfit).

- Integrasi dari metode pembangunan lambung kapal, Outfitting dan pengecatan pada tiap tahap produksi.

Menurut *Chirillo*, perkembangan teknologi produksi kapal dibagi menjadi *empat tahapan*, berdasarkan teknologi yang digunakan pada proses produksinya, seperti pada *Gambar II-1* berikut :



**Gambar II-1**  
Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi

#### □ **Conventional Construction and Outfitting**

Tahapan pertama ini merupakan teknologi produksi kapal, yang berorientasi pada *sistem atau fungsi* yang ada di kapal dan volume pekerjaan hampir seluruhnya dilakukan pada building berth. Metode ini dimulai dengan peletakan lunas, kemudian pemasangan gading, kulit. Dst sampai ke bangunan atas dan terakhir pekerjaan outfitting (O/F).



Pekerjaan O/F dilakukan sistem per sistem, antara lain : pemasangan ventilasi, perpipaan, permesinan, perlistrikan, dll. Metode tersebut merupakan teknologi paling *konvensional* dan tingkat produktivitasnya sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan memiliki ketergantungan yang tinggi satu sama lain, sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Selain itu, mutu hasil pekerjaan sangat rendah karena hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual dan lingkungan kerja yang tidak mendukung (tidak nyaman, posisi kerja yang sulit).

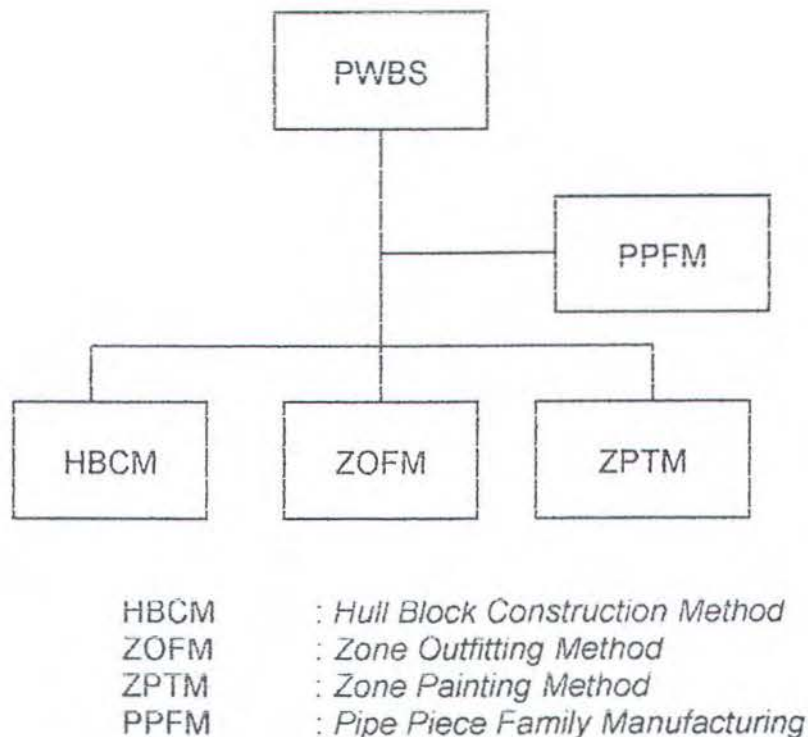


□ **Hull Block Construction Method & Pre-Outfitting**

Tahapan ini mulai dikembangkan sejak dikenalkannya *teknologi pengelasan* pada pembangunan kapal, dimana kapal sudah dibuat dalam bentuk seksi-seksi dan blok-blok, kemudian disambung satu sama lain di building berth. Selain itu, beberapa pekerjaan O/F sudah mulai dilakukan pada blok atau badan kapal yang sudah jadi. Dengan metode ini, *steel throughput* meningkat dan mutu hasil pekerjaan lebih baik, karena volume pekerjaan pada building berth menjadi berkurang, dan pekerjaan pengelasan banyak dilakukan di bengkel dengan kondisi lingkungan kerja yang lebih nyaman. Pekerjaan pengelasan sudah mulai dilakukan dengan *mesin las semi/otomatis* dengan posisi *down-hand*. Blok-blok dapat dibalik atau diputar untuk menghindari dari pengelasan dengan posisi *overhead*. Pada tahapan ini, *kontrol dimensi* dan *bentuk blok* sudah menjadi penting terutama pada daerah sambungan blok.

### □ *Process Lane Construction and Zone Outfitting*

Perkembangan teknologi pembangunan kapal modern telah dimulai pada tahap ini, dimana konsep *Group Technology* sudah diterapkan dalam proses produksi badan kapal dan pekerjaan O/F. Dengan konsep ini proses pembangunan kapal sudah berorientasi pada produk atau dikenal dengan *Product-Oriented Work Breakdown Structure* (PWBS), dengan pengelompokan lingkup pekerjaan seperti terlihat pada *Gambar II-2*.



**Gambar II-2**  
*Komponen Product-Oriented Work Breakdown Structure*

Metode ini secara sistematis mengklasifikasikan *produk antara* (*interim-products*) menurut kelompok yang memiliki kesamaan dalam

proses produksinya, misalnya *process lane* untuk : (i) perakitan bentuk datar, (ii) perakitan bentuk lengkung beraturan, dan (iii) perakitan bentuk lengkung tak beraturan dan kompleks. Hal ini sudah menuntut keteraturan dalam penataan sumberdaya produksi, misalnya : peralatan/mesin, tenaga kerja, dan material. Demikian halnya dengan pekerjaan O/F, dimana sudah dilakukan secara paralel berdasarkan *region/zone*, dan tidak lagi berdasarkan sistem fungsionalnya. Pekerjaan O/F, dengan konsep *Advanced Outfitting*, sudah dibagi dalam 3 tahap yaitu : *on-unit*, *on-block*, dan *on-board*.

Pada tahapan ini, proses produksi sudah terkonsentrasi pada bengkel-bengkel dan volume pekerjaan di *building berth* semakin kecil. Penggunaan teknologi ini sudah mensyaratkan diterapkannya *Sistem Accuracy Control*, di setiap proses produksi untuk menjamin *ketepatan dimensi* dan *bentuk blok* (pelat, profile, perpipaan, dan *inner-parts* lainnya yang ada pada daerah sambungan blok).

#### □ ***Integrated Hull Construction, Outfitting, and Planning (IHOP)***

Tahapan keempat ini adalah teknologi yang paling *mutakhir* dalam pembangunan kapal, dimana proses pembuatan badan kapal sudah *diintegrasikan* secara maksimal dengan pekerjaan *outfitting* dan *pengecatan* pada setiap *zone/area/stage*, seperti halnya yang telah dilakukan oleh IHI-Shipyards, Japan. Teknologi ini merupakan pengembangan dari teknologi produksi tahapan ketiga, melalui



peningkatan potensi sumberdaya galangan secara *menyeluruh, seimbang* dan *terintegrasi*, disertai dengan semakin sempurnanya standar-standar kerja dan konsistensi ketepatan proses produksi yang sangat tinggi.

Teknologi IHOP mensyaratkan suatu *Build Strategy* yang matang dan kemampuan *planning and scheduling* yang sangat tinggi dan rasionil, berdasarkan kondisi potensi sumberdaya galangan yang ada. Pada tahap ini, Sistem Accuracy Control bukan hanya mutlak dilaksanakan secara sempurna dan menyeluruh, tetapi juga menuntut kesempurnaan *design engineering* dan *standar-standar* kerjanya. Dengan demikian, penyambungan seluruh bagian konstruksi antara blok yang satu dengan blok lainnya mencapai tingkat ketepatan yang sangat tinggi atau penyimpangan-penyimpangan yang terjadi masih berada pada batas toleransi yang telah ditentukan, sehingga volume pekerjaan pada building berth menjadi sangat kecil.

## II.2. FAKTOR-FAKTOR PROSES PRODUKSI

Pada proses pembangunan kapal faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi adalah :

### □ Material

Pada pembangunan kapal material yang dibutuhkan sangat mempengaruhi jalannya proses produksi. Untuk material logam baja diperlukan proses pengerjaan meliputi pemotongan, pembentukan, penggabungan pelat dan profil. Berdasarkan proses pengerjaan dari

masing-masing material yang berbeda maka peralatan yang dibutuhkan, kualifikasi tenaga kerja, tata letak bengkel dan prosedur kerja yang digunakan akan sangat berbeda. Sehingga ada beberapa hal yang harus diperhatikan di dalam pemakaian material yaitu :

- Spesifikasi Teknik Material

Meliputi : sifat-sifat mekanik, seperti kekuatan tarik, tekan, kemuluran dan beberapa sifat kimia kandungan logamnya.

- Ukuran/dimensi

Meliputi : ketebalan, panjang, lebar dan kelurusannya.

- Pabrik pembuat/produsen

Meliputi : kualifikasi dari pabrik pembuat dilihat dari cacatan mutu produk yang dihasilkan.

- Lingkungan/cuaca/temperatur/kelembaban.

Yaitu merupakan media dimana material tersebut akan dikerjakan atau diproses. Hal ini tergantung dari tempat proses pekerjaan dilakukan. Misalnya untuk di Indonesia maka kondisi lingkungannya akan sangat berbeda dengan Eropa.

#### □ Tenaga Kerja

Kualifikasi tenaga kerja pada proses produksi akan sangat berbeda, tergantung dari jenis proses pengerjaan juga jenis material yang akan dikerjakan. Disamping itu jumlah tenaga kerja yang ada juga bervariasi sesuai dengan kebutuhan pada masing-masing tahap proses

produksi. Sedangkan untuk pemakaian tenaga kerja dapat diklasifikasikan dari segi :

- Pendidikan formal/non formal

Meliputi latar belakang pendidikan seperti STM, Politeknik, dan kualifikasi khusus seperti *Welder Qualification grade G3*, dll. Hal ini sangat berpengaruh terhadap pemilihan tenaga kerja.

- Pengalaman dan masa kerja

Seorang tenaga kerja yang telah mempunyai pengalaman dalam bidang yang sesuai akan sangat membantu pada proses pelaksanaan pekerjaan.

- Ketrampilan/*Skill* (kualifikasi)

Ketrampilan khusus yang dimiliki oleh tenaga kerja akan sangat membantu didalam proses perkerjaan. Misalnya pada teknologi pengelasan logam tipis, membending pelat, dan sebagainya.

- Sikap/Karakter

Sikap dan karakter setiap tenaga kerja akan sangat membantu pada pelaksanaan proses produksi sehingga akan menciptakan iklim kerja sesuai dengan yang diinginkan.

- **Metode Produksi**

Hal-hal yang harus diperhatikan pada penetapan metode produksi adalah yang berkaitan langsung dengan tugas dari masing-masing tenaga kerja, diantaranya :



- Standar dan Prosedur kerja (*Operating Procedure Agreement*)
- Urutan pekerjaan (*Operating Instruction*)
- Peralatan/perlengkapan keselamatan kerja

#### □ **Peralatan Produksi**

Pada penerapan peralatan kerja maka kita harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Spesifikasi teknik
- Kondisi Operasional
- Kalibrasi dan Sistim Pemeliharaan
- Masa Operasi dan Penyusutan

### **II.3. TAHAPAN PROSES PRODUKSI PEMBANGUNAN KAPAL**

Pada setiap pembangunan kapal baru selalu melalui proses produksi. Proses pembangunan kapal itu sendiri dimulai sejak material datang sampai dengan penyerahan kapal kepada pihak pemesan (*delivery*). Penerapan proses produksi kapal meliputi beberapa tahap diantaranya yaitu : tahap persiapan produksi (yang meliputi perancangan dan persiapan gambar kerja, penyimpanan dan pemeriksaan material, persiapan tenaga kerja dan material, dll), tahap *fabrikasi* (pemotongan dan pembentukan material), tahap *sub-assembly* (penggabungan beberapa komponen dasar), tahap *assembly* (penggabungan beberapa komponen

dasar menjadi blok utama), tahap *erection* (penggabungan blok-blok utama menjadi kapal secara utuh).

Pada masing-masing tahapan proses produksi selama pelaksanaannya masih banyak terjadi penyimpangan hasil produksi sehingga akan menghambat jalannya proses produksi karena waktu yang diperlukan untuk pembangunan kapal akan bertambah (*rework*) dan tentu saja hal ini akan menambah biaya produksi.



### II.3.1. TAHAP PERSIAPAN

Pada galangan yang akan melaksanakan pembangunan kapal, tahap pertama yang harus dilaksanakan adalah tahap persiapan produksi. Dalam tahap ini mempunyai tujuan mengatur keadaan-keadaan sehingga pada waktu yang ditentukan pekerjaan pembangunan kapal dapat dilaksanakan dan ditetapkan. Pada tahap ini ruang lingkup yang dikerjakan adalah :

- Dokumen-dokumen produksi (umum) ; meliputi gambar dan daftar material, perkiraan kebutuhan tenaga kerja, perkiraan kebutuhan material, dan jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam kaitannya dengan kapasitas tenaga kerja dan pekerjaan yang lain.
- Penyediaan material dengan mempertimbangkan keadaan atau stock pada gudang, pemakaian material untuk pekerjaan sekarang, dan pemesanan ataupun pembelian material dari luar (jumlah, waktu pemberian).

- Kapasitas dari sarana-sarana produksi meliputi kemampuan bengkel-bengkel produksi, kapasitas mesin-mesin, alat-alat angkat yang tersedia (jumlah, kapasitas, macam dan tempat), dan keadaan *building berth/floating dock* (jumlah, kapasitas dan macam).

### II.3.2. TAHAP FABRIKASI

Pada tahap ini dilaksanakan pembuatan komponen kapal dari yang kecil hingga yang terbesar. Jadi bengkel ini merupakan bengkel awal bagi pembuatan kapal secara fisik.

Dalam pelaksanaan proses pekerjaan pada tahap ini selalu diperlukan gambar-gambar dan rambu sebagai pedoman pemrosesan komponen. Gambar-gambar dan rambu-rambu yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- *Marking List*

Untuk mengetahui bentuk dari komponen-komponen yang akan dikerjakan dalam satu blok. *Marking List* ini memuat antara lain : nomor kapal, nomor blok, serta ukuran-ukuran dan tanda-tandanya.

- *Material List*

Untuk mengetahui jumlah dari komponen-komponen yang akan dikerjakan dalam satu blok, berat blok tersebut, dan tempat komponen-komponen tersebut dikerjakan. Selain itu juga untuk mengecek komponen-komponen yang belum dikerjakan.



- *Cutting Plan*

Untuk mengetahui jumlah dari material-material yang dibutuhkan dalam satu blok baik berupa pelat, profil, bar maupun material yang lain. Pada *cutting plan* ini tercantum pula gambar perencanaan posisi penggunaan komponen-komponen pelat yang akan dipotong.

- *Working Drawing*

Adalah gambar bentuk dari blok-blok yang sebenarnya. Untuk bengkel *Fabrikasi* hanya digunakan untuk mengecek kemungkinan terjadi adanya penyimpangan-penyimpangan setelah komponen selesai dan telah dikirim ke bengkel *Assembly*.

- *Lift dan Scaffold Piece*

Digunakan untuk menentukan posisi kupingan untuk pengangkatan dan pengaturan blok-blok yang sudah melewati proses *assembly*.

Bentuk lain yang dijadikan input untuk bengkel adalah film dan rambu untuk membentuk komponen yang tidak dapat dijelaskan bentuknya melalui gambar kerja (*Working Drawing*). Dari sini material akan dikerjakann lebih lanjut, mulai dari pembersihan hingga pembentukan.

Proses-proses yang dilakukan secara lebih rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

### □ Identifikasi Material

Pengecekan ulang material secara fisik, apakah material mengalami kerusakan ataupun cacat. Pekerjaan dalam tahap ini meliputi; Charge Number Material, Klasifikasi Material, Dimensi Material, Kondisi Permukaan Material.

### □ Proses Pembersihan

Sebelum proses pembersihan ini dilakukan maka terlebih dahulu diadakan identifikasi material yang merupakan suatu tindakan pemeriksaan material yang akan dipakai meliputi:

- *Charge number material*
- Klasifikasi material
- Dimensi material
- Kondisi permukaan material

Setelah itu hasil pemeriksaan material dicatat dalam suatu laporan pemeriksaan (*Cheek Sheet*) sekaligus perbaikannya apabila material tersebut mengalami cacat. Pada pelat yang bergelombang harus diperbaiki dengan pelurusan, dengan menggunakan *roll machine*. Pelat tersebut dilewatkan pada suatu susunan silinder baja. Setelah itu baru dimasukkan dalam *short blasting* dan *primary painting machine*. Alat ini berguna untuk menghilangkan karat dan kotoran yang melekat pada material dengan menggunakan butiran-butiran baja yang berdiameter  $\pm$

0,5-0,8 mm yang disemprotkan dengan tekanan tinggi, kemudian dicat dengan menggunakan cat dasar.

#### □ Proses *Marking*

Proses *Marking* yaitu proses penandaan pada permukaan material yang akan mengalami pekerjaan sesuai dengan ketentuan tanda kerjanya. Pemindahan data *Mould Loft* serta pengukuran-pengukurannya harus dilakukan seakurat mungkin, karena kesalahan pada proses *marking* ini tidak hanya menyebabkan material yang dipersiapkan untuk *assembly* dan komponen-komponen rusak tetapi juga akan menaikkan jumlah material yang terbuang dan pada akhirnya akan mengurangi nilai produktifitas galangan. Langkah-langkah pekerjaan *marking* adalah :

- Pelat diletakkan diatas dantai yang rata, dan dicek apakah material tersebut sesuai dengan yang ada didaftar.
- Rencana pemotongan (*cutting plan*); pada gambar rencana pemotongan ini diusahakan sisa material sekecil mungkin.
- Pembersihan material sebelum di *marking* agar kapur dapat melekat betul.
- Persiapan alat-alat kerja.
- Penandaan atau pemberian nama pada setiap bagian dari material secara jelas agar nantinya tidak tertukar ataupun keliru pada saat perakitan. Nama tersebut disesuaikan dengan kode yang tercantum pada *material list* atau *marking list*. Nama material terdiri dari : nomor



kapal, nama kapal, nama komponen dan posisinya (*port side* atau *starboard side*), posisi marking (*up* atau *low marking*)

#### □ **Proses Cutting (Pemotongan)**

Adalah proses pemotongan material-material yang telah dimarking dengan cacatan marking tersebut telah disetujui oleh *Quality Assurance*.

Alat-alat pemotongan :

- *Manual Gas Cutting*
- *Semi Automatic Gas Cutting (Scattor)*
- *NC Gas Cutting Machine*
- *Flame Planner Cutting Machine*

#### □ **Proses Forming (Pembentukan)**

Pada proses *Forming* ini dibedakan antara pelat dan profil. Pada pembentukan material pelat ada dua cara yang dilakukan yaitu:

##### 1. *Heat Forming (fairing)*

Cara ini lebih banyak digunakan untuk bentuk-bentuk tiga dimensi atau sebagai penyempurnaan bentuk dari pelat yang telah dibending dengan mesin. Pada prinsipnya cara ini adalah memanaskan pelat kemudian mendinginkan secara mendadak.

##### 2. *Cold Forming*

Cara ini dengan menggunakan *bending machine*, biasanya untuk bentuk-bentuk yang sederhana. Pada *Cold Forming bending machine*

yang digunakan yaitu *roll bending machine* dan *horisontal bending machine*.

Sedang untuk profil, langkah-langkah pembentukan adalah :

- Persiapan material antara lain : profil yang akan *dibending/difairing*, rambu film, landasan untuk *fairing*, *jig* dan lain-lain.
- Gambar ditempatkan dengan kedudukan yang terbalik.
- Dilakukan penitikan pada tempat-tempat tertentu sesuai dengan rambu film. Titik-titik tersebut dihubungkan dengan menggunakan *stroklat* kayu dan *sumitsasi* atau *sumitsubo*.
- Dilakukan *pem-bending-an* sedikit demi sedikit dan dilakukan pengecekan setiap kali *pem-bending-an*.

### II.3.3. TAHAP SUB ASSEMBLY

Proses *sub Assembly* ini merupakan proses kelanjutan dari bengkel *fabrikasi*. Pekerjaan pada bengkel ini meliputi :

- Penyambungan pelat
- Pemasangan *Stifener*
- Merakit *Floor*
- Pemasangan *Face Plate*
- Merakit *Web Frame*

Dalam proses pekerjaan diperlukan beberapa data yaitu *yard plan*, *working drawing*, *material list*, *cutting plan*, dan *marking list*.

#### II.3.4. TAHAP ASSEMBLY

Pada proses *assembly* ini pekerjaan yang dilakukan adalah merakit panel-panel datar, panel lengkap hingga menjadi panel datar seksi lambung, seksi sekat dan sebagainya sehingga menjadi suatu blok.

##### □ Perakitan Panel

Pada perakitan panel ini, plat-plat diletakkan pada *laticce floor* diatur dan dilas ikat. Urutan pengelasan ikat maupun pengelasannya dimulai dari tengah-tengah panel kemudian secara bertahap keluar, hal ini dilakukan untuk mengurangi deformasi. Untuk panel-panel yang dibuat dari sambungan banyak pelat dilakukan dengan jalan memberikan beban berat untuk menekan pelat yang akan dilas supaya deformasi yang terjadi sekecil mungkin.

Setelah pelat dilas menjadi satu, pelat diletakkan di atas meja *jig* yang telah disediakan. *Jig* itu harus *dicheck levelnya* maupun *countur* dari panel, setelah itu dilakukan juga pemeriksaan posisi *reference line*, terutama untuk *centre line*, *waterline*, dan *framelinenya*. Selanjutnya profil-profil dipasang pada garis-garis *marking* yang telah ditentukan. Profil ini kemudian dilas pada panel.

##### □ Perakitan Blok

Perakitan blok ini merupakan kelanjutan dari perakitan panel-panel. Di sini perlu diperhatikan pengaturan letak atau posisi dari seksi-seksi sehingga dapat mengurangi pengelasan yang sulit. Pada umumnya bagian yang datar diletakkan pada bagian bawah.



### II.3.5. TAHAP ERECTION

Pada proses *erection* adalah kelanjutan dari proses-proses sebelumnya yaitu proses *sub assembly* dan *assembly*. Jenis pekerjaan yang dilakukan pada proses *erection* adalah :

#### □ **Loading**

Cara kerja :

- Blok yang ada di pelataran kerja diangkat dengan *crane* yang disesuaikan kapasitasnya.
- Blok yang diangkat harus seimbang dengan meletakkan *ballast* berupa batu cor dengan berat tertentu dan tempat tertentu pula.
- Letak dan besar kupingan harus diperhitungkan.
- Blok ditempatkan pada *keel blok* dan *side blok* yang telah diatur sesuai *marking dock*.

#### □ **Adjusting**

Cara kerja :

- Blok yang baru harus ditempatkan atau diluruskan *center line* dengan blok yang lama.
- Blok yang baru ditempelkan dikerjakan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan setelah *fitting* dan *welding*.
- Mengatur paku pada *keel BLOK* bila kurang tepat atau rapat menempel pada badan kapal atau BLOK agar tidak terjadi gerakan.

### □ **Fitting**

Cara kerja:

- Bagian *center line* harus lurus antara blok yang satu dengan blok yang lain.
- Melihat bagian sisi-sisi kapal apakah sudah tepat dan sesuai dengan ukuran. Bila tidak, maka dilakukan pengukuran jarak dari *center line* ke sisi badan kapal sesuai dengan gambar kerja. Bila terlalu lebar, maka *frame* dibongkar dan *defairing* atau *bending* menurut gambar kerja. Bila terlalu sempit atau masuk ke dalam juga dilakukan pekerjaan seperti diatas.
- Bila sudah tepat maka ujung-ujung pelat dibentuk kampuh yang sesuai tebal pelat atau gambar kerja.
- Kemudian bila sudah dibuat kampuh las diperiksa lagi kelurusan *center line*, bagian pelat dasar, pelat sisi dan pelat geladak.
- Lalu dilakukan las ikat di tempat-tempat tertentu menurut gambar kerja.

### □ **Welding**

Cara kerja :

- Setelah di *fitting* dilakukan pemeriksaan oleh QA dan Class
- Bila test QA atau Class disetujui maka dilakukan pengelasan (*welding*) untuk menyambung blok-blok tersebut tentunya dengan metode dan urutan pengelasan yang sesuai dan benar.

- Selain mengelas pelat sisi, pelat dasar, dan pelat geladak juga dilakukan pengelasan atau penyambungan profil-profil pembujur yang dimulai dari *center line* lalu menepi.

#### □ **Fairing**

Cara kerja :

- Dinding yang cembung dipanasi dengan brander las sampai dengan  $\pm 600^{\circ}\text{C}$ .
- Bagian dinding yang cekung disemprot dengan air untuk menarik struktur material akibat pengerutan material tersebut.
- Pemanasan dilakukan merata berupa titik-titik diseluruh dinding yang mengalami deformasi tersebut diatas.

## **II.4. PERMASALAHAN DALAM PROSES PRODUKSI**

Selama proses produksi pada pembangunan kapal sedang berjalan terdapat beberapa permasalahan yang timbul pada tiap tahapan proses produksi utamanya dengan terjadinya kesalahan-kesalahan hasil proses produksi, yaitu :

### **1. Proses Fabrikasi**

#### □ **Marking**

Permasalahan pada umumnya disebabkan kesalahan pemberian tanda atau nama, yang terdiri dari :

- tanda pengerjaan

- tanda urutan dan arah pengerjaan
- tanda lokasi komponen
- tanda jenis dan macam komponen
- tanda ukuran dan dimensi komponen

□ *Cutting*

Macam kesalahan yang terjadi :

- kekasaran permukaan potongan
- penyusutan material karena panas saat pemotongan

□ *Bending*

Macam kesalahan yang terjadi :

- kesalahan pencocokan rambu bending
- kesalahan sudut bending
- pelat berubah bentuk dengan sendirinya setelah selesai dibending, baik dengan proses dingin maupun panas

## 2. Proses *Sub – Assembly dan Assembly*

□ *Fitting*

Ketidak telitian akurasi dimensi struktur atau komponen pada pekerjaan *fitting*, umumnya dari kejadian-kejadian berikut :

- *Misalignment* atau ketidaklurusan bagian terpasang.
- Gap atau celah yaitu jarak antara dua bagian yang akan disambung.



- *Misfitting*, yaitu kesalahan tempat pemasangan elemen-elemen pada detailnya.
- Penyimpangan sudut pemasangan antara profil dengan pelat maupun dengan profilnya sendiri.

□ *Welding*

Pada proses *welding* akibat perlakuan panas pengelasan pada material umumnya ialah :

- Penyusutan memanjang
- Penyusutan melintang
- *Angular distortion*, pengaruhnya pada penyimpangan sudut pada *fillet weld*.

□ *Marking* akhir

Kesalahan penandaan meliputi tanda-tanda :

- posisi fitting
- nama bagian
- letak pada konstruksi hull
- sudut-sudut *fitting*
- proses pekerjaan akhir

### 3. Proses *Erection*

□ Penyimpangan Bentuk dan Ukuran

Terdiri dari :

- Penyimpangan bentuk dan ukuran dari perencanaan

Disebabkan oleh deformasi dan kesalahan pemasangan elemen-elemen penyusun konstruksi. Hal ini terjadi karena kesalahan proses pengerjaan maupun material yang digunakan yaitu material pelat dan material las. Macam penyimpangan yang terjadi antara lain :

- Terjadinya ketidak lurusan pada pertemuan sambungan antara blok-blok atau seksi-seksi. Penyebabnya adalah karena adanya penyusutan pada blok atau seksi pada saat proses pembuatannya.
- Terjadinya gap-gap pada sambungan tumpul diantara blok-blok atau seksi-seksi. Penyebabnya adalah karena adanya penyusutan pada waktu proses pembuatan blok atau seksi.
- Terjadinya gap pada sambungan T antara hubungan sekat melintang dengan pelat geladak. Penyebabnya adalah karena adanya penyusutan pada saat pembuatan sekat melintang.
- Terjadinya ketidak lurusan (misalignment) pada konstruksi sekat memanjang. Penyebabnya adalah karena adanya kesalahan pemasangan, deformasi dan perubahan sudut pada sambungan pengelasannya.
- Terjadinya perubahan sudut antara konstruksi lambung dan geladak. Penyebabnya adalah karena adanya perubahan sudut, penyusutan dan deformasi memanjang.

- Terjadinya perubahan sudut antara pelat alas dalam dan pelat lunas. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi sudut atau kesalahan pemasangan.
- Terjadinya penyimpangan pelat diantara titik tumpuannya. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi sudut.
- Terjadinya penyimpangan sudut antara pelat alas dalam dan sekat melintang. Penyebabnya adalah karena adanya kesalahan pemasangan, deformasi memanjang, deformasi sudut.
- Terjadinya *angular misalignment* pada sambungan tumpul, yaitu pada pelat kulit, pelat alas dalam, pelat sekat dan lain-lain. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi sudut.
- Terjadinya penyimpangan dari garis lurus pada pelat kulit, pelat geladak dan lain-lain. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi sudut.
- Terjadinya ketidak tepatan pada sambungan pengelasan (*seamslag*) pada pelat alas dalam, pelat sekat dan lain-lain. Penyebabnya adalah karena kurang telitian pemasangan, perencanaan dan deformasi.
- Terjadinya penyimpangan kearah kelebaran dari beban kapal. Penyebabnya adalah karena adanya penyusutan, deformasi sudut, deformasi memanjang dan kesalahan pemasangan.

- Terjadinya distorsi selatif pada blok lambung. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi sudut.
- Terjadinya defleksi pada blok lambung. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi memanjang.
- Terjadinya lekuk pada pelat kulit. Penyebabnya adalah karena adanya kesalahan atau kurang telitian ukuran, penyusutan.
- Terjadinya lekuk-lekuk pada centre girder, side girder dan penumpu-penumpu. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi buckling.
- Terjadinya penggelombangan pada pelat sekat. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi buckling, deformasi memanjang.
- Terjadinya penggelombangan pada pelat kulit. Penyebabnya adalah karena adanya deformasi buckling dan perubahan sudut pada penegar-penegarnya.
- Penyimpangan bentuk dan ukuran karena deformasi sudut  
Disebabkan perubahan sudut pada sambungan las yang terjadi akibat kesalahan proses pengerjaan dan material yang digunakan.
- Penyimpangan bentuk dan ukuran karena deformasi memanjang



Disebabkan oleh kesalahan pelaksanaan proses pengerjaan material.

- Penyimpangan bentuk dan ukuran karena deformasi *buckling*

Disebabkan oleh gaya dalam (akibat pengelasan dan proses pemotongan *thermal*) maupun gaya luar (adanya beban luar berlebihan).

- Penyimpangan bentuk dan ukuran karena kesalahan pemasangan

Disebabkan kekurangtelitian pada saat pemasangan bagian-bagian konstruksi sebelum dilakukan pengelasan, sehingga konstruksi yang dihasilkan telah berubah dari yang direncanakan.

#### □ *Cocking*

Pada tahap *erection* proses pembangunan kapal ada kecenderungan terjadinya pengangkatan bagian ujung-ujungnya. Pengangkatan bagian *stern* maupun *bow* disebut *cocking up*.

#### □ Cacat

Pengelasan pada tahap *erection* hampir seluruhnya dilakukan secara manual, sehingga tidak mungkin terhindar secara mutlak dari adanya cacat-cacat. Selain itu juga pelaksanaan pengelasan sangat sulit karena terbentur pada masalah posisi pengelasan yang tidak dapat diubah. Cacat yang terjadi antara lain :

- Cacat yang berasal dari material itu sendiri sebelum digunakan, seperti :
  - *Pitting* ; cacat karena korosi yang terjadi saat penyimpanan.
  - *Scores* (lekuk-lekuk atau takik-takik) ; cacat karena saat transportasi dan penumpukan dalam penyimpanan.
  - *Laminasi* ; cacat karena adanya gelembung-gelembung gas yang terperangkap dan adanya pengerutan pada saat pembuatan.
- Cacat yang berasal dari proses pengelasan
  - *Crack* (retak) ; cacat yang paling berbahaya bila dibandingkan dengan cacat yang lain. Macamnya *crater crack*, *transverse crack* pada *base metal*, *transverse crack* pada *weld metal*, *longitudinal crack*, *under bead crack*, *toe and root crack*, *fusion line crack*, *hot crack*, *lamelar crack*, dan *lamination*.
  - *Cavity* ; cacat karena adanya gelembung yang terperangkap di dalam logam. Macamnya *porosity* dan *shrinkage voids*.
  - *Solid inclusion* ; macamnya *slag inclusion*, *flux inclusion*, *oxide inclusion*, *tungsten inclusion*, *copper inclusion*, *incomplete fusion* dan *incomplete penetration* (cacat karena proses peleburan logam saat pengelasan yang kurang semestinya).
  - *Imperfect shape* atau *unacceptable contour* ; cacat karena adanya bentuk permukaan (*contour*) yang kurang sempurna.

Macamnya *under cut, under fill, over lap, excessive reinforcement, excessive penetration, insufficient throat* dan sebagainya.

- *Miscalleneous defect* ; cacat selain kategori cacat-cacat di atas.
- Cacat yang berasal dari pemotongan dengan gas  
Disebabkan proses pemotongan yang tidak sempurna, sehingga akan menimbulkan atau menghasilkan permukaan potongan yang jelek. Atau karena adanya distorsi pada pelat yang dipotong.
- Cacat yang berasal dari pengerjaan mekanis  
Disebabkan oleh perubahan struktur kristal akibat pengerjaan, baik dingin maupun panas.
- Cacat yang berasal dari kesalahan perencanaan  
Disebabkan oleh kekurangtelitiannya perencanaan ataupun dalam pembentukan detail-detail konstruksi.

Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya permasalahan tersebut diatas diperlukan suatu proses pemeriksaan selama proses pembangunan kapal berlangsung. Penjelasan mengenai proses pemeriksaan akan dijelaskan pada bab berikutnya.



## **BAB III**

### **KONSEP DASAR KOMPUTER GRAFIS**

#### **III.1. KONSEP DASAR BENDA 3D**

Jika kita menampilkan suatu bentuk 3-D, lebih banyak pertimbangan, dibandingkan dengan bentuk 2-D, yang harus diperhitungkan selain memasukkan nilai koordinat 3-D. Batasan-batasan obyek dapat dibentuk oleh berbagai kombinasi bentuk permukaan datar (plane) dan kurva (curve), dan kadangkala dibutuhkan informasi khusus tentang obyek interior. Menampilkan transformasi dalam bentuk 3-D adalah hal yang sangat kompleks karena kita membutuhkan lebih banyak parameter yang dipilih untuk memberikan spesifikasi bagaimana bentuk 3-D bisa terwakili pada sebuah media tampilan (display device). Penjabaran bentuk komponen harus diproses melalui tampilan transformasi koordinat dan proyeksi berulang untuk merubah tampilan koordinat 3-D kedalam media koordinat 2-D. Bagian benda yang terlihat untuk pandangan yang dipilih, harus diidentifikasi, dan algoritma rendering permukaan harus digunakan, jika ingin menampilkan bentuk yang nyata.



## **III.2. PENYAJIAN OBYEK 3-D**

### **III.2.1. PERMUKAAN POLIGON (POLYGON SURFACES)**

Kebanyakan keterbatasan penyajian obyek 3-D terletak pada kesatuan poligon-poligon permukaan yang membatasi interior obyek. Banyak sistem grafik memberikan semua penjabaran obyek sebagai kesatuan-kesatuan poligon-poligon permukaan. Hal ini mempermudah dan mempercepat rendering permukaan dan penampilan obyek, tetapi terbatas pada permukaan-permukaan dengan persamaan linier. Dengan alasan ini penjabaran obyek kebanyakan didasarkan pada "grafik standar obyek".

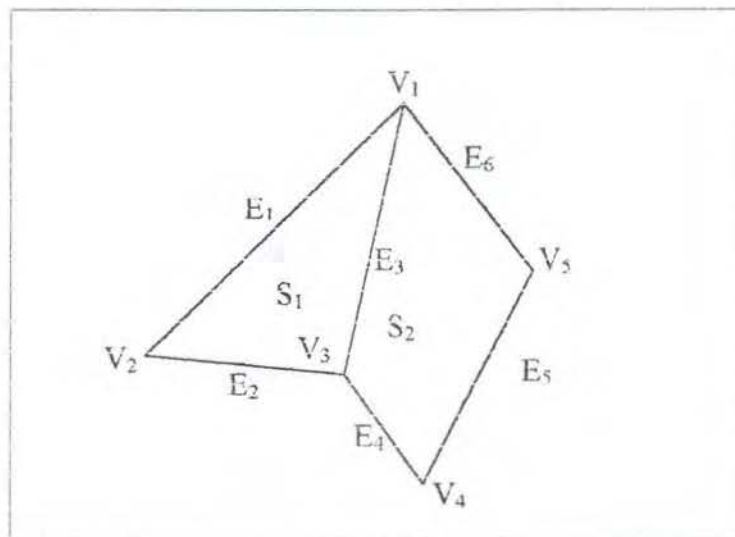
Penyajian suatu poligon dalam penggambaran polyhedron dapat secara tepat mendefinisikan permukaan bentuk muka. Tetapi untuk menggambarkan bentuk-bentuk tertentu, contohnya silinder, masih terbentuk sebagai jaring poligon. Rendering digunakan dengan menginterpolasi bentuk-bentuk bayangan permukaan poligon untuk mengurangi prosentase batasan ujung poligon.

Kita dapat menentukan suatu permukaan poligon dengan satu set koordinat ujung sudut (vertex) dan parameter-parameter yang berhubungan. Sebagai informasi poligon adalah input, data ditempatkan di dalam tabel-tabel yang digunakan untuk proses berikutnya, tampilan, dan memanipulasi suatu obyek yang disebut dengan "tabel poligon". Tabel data poligon dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu tabel geometri dan tabel atribut. Tabel data geometri berisi koordinat ujung sudut dan

parameter-parameter untuk mengidentifikasi sifat ruang dari permukaan poligon. Informasi atribut sebuah obyek terdiri dari parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kejelasan atau ketajaman obyek, bayangan permukaan, dan karakteristik susunan bentuk. Data geometri diberikan dalam tiga bagian yaitu :

- Tabel ujung sudut (vertex), berisi nilai koordinat.
- Tabel ujung (edge), berisi tambahan petunjuk bagi tabel vertek untuk mengidentifikasi bentuk ujung sudut tiap ujung poligon.
- Tabel poligon (polygon), berisi tambahan petunjuk bagi tabel ujung untuk mengidentifikasi ujung-ujung tiap poligon.

Diilustrasikan dengan Gambar III-1 berikut :



Gambar III-1  
Gambar dua permukaan poligon yang saling bersinggungan

TABEL EDGE	TABEL PERMUKAAN POLIGON	TABEL VERTEX
E <sub>1</sub> : V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> E <sub>2</sub> : V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub> E <sub>3</sub> : V <sub>3</sub> , V <sub>1</sub> E <sub>4</sub> : V <sub>3</sub> , V <sub>4</sub> E <sub>5</sub> : V <sub>4</sub> , V <sub>5</sub> E <sub>6</sub> : V <sub>5</sub> , V <sub>1</sub>	S1 : E1, E2, E3 S2 : E3, E4, E5, E6	V <sub>1</sub> : x <sub>1</sub> , y <sub>1</sub> , z <sub>1</sub> V <sub>2</sub> : x <sub>2</sub> , y <sub>2</sub> , z <sub>2</sub> V <sub>3</sub> : x <sub>3</sub> , y <sub>3</sub> , z <sub>3</sub> V <sub>4</sub> : x <sub>4</sub> , y <sub>4</sub> , z <sub>4</sub> V <sub>5</sub> : x <sub>5</sub> , y <sub>5</sub> , z <sub>5</sub>

Tabel III-1

*Data geometri yang menyajikan dua permukaan poligon yang saling bersinggungan, dibentuk oleh enam edge dan lima vertex*

Informasi geometri tambahan biasanya diberikan dalam tabel data termasuk kemiringan (slope) untuk tiap ujung (edge) dan koordinat luasan tiap poligon. Kita dapat menghitung kemiringan ujung (edge), dan mencari nilai koordinat untuk mengidentifikasi nilai minimum dan maksimum x, y, dan z untuk tiap-tiap poligon. Kemiringan ujung dan informasi poligon diperlukan dalam proses berikutnya, sebagai contoh, rendering permukaan.

Pengecekan kesalahan dalam proses tetap diperlukan agar diperoleh hasil yang sesuai dengan keinginan. Oleh karena itu dibutuhkan informasi yang lengkap mengenai diskripsi obyek untuk memudahkan pengecekan. Hal ini bisa dilaksanakan jika ketiga tabel data (vertex, edge, dan poligon) digunakan dalam diskripsi obyek. Beberapa ketentuan yang terdapat dalam kemasan grafis (graphic package) adalah sebagai berikut :

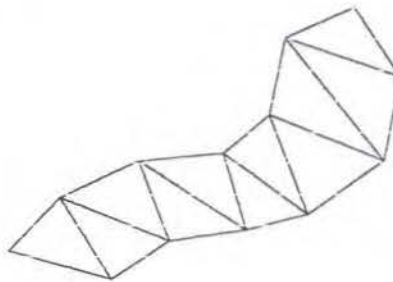
- Setiap ujung sudut (vertex) ditabelkan sebagai titik ujung bagi sedikitnya dua ujung garis.
- Setiap ujung (edge) adalah bagian dari sedikitnya satu poligon.
- Setiap poligon saling berdekatan.
- Setiap poligon mempunyai paling tidak satu tepi yang bersinggungan.



- Jika tabel ujung (edge) mengandung petunjuk poligon, setiap tepi mengacu terhadap petunjuk poligon yang saling bertemu.

### III.2.2. JARING-JARING POLIGON (MESH)

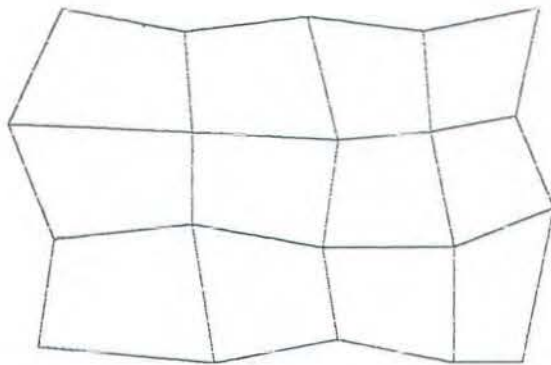
Beberapa kemasan grafis memberikan fungsi-fungsi poligon untuk memodelkan obyek. Suatu permukaan bidang dapat ditentukan dengan sebuah fungsi seperti fill Area. Tetapi jika permukaan-permukaan obyek disusun, penggambaran obyek lebih mudah digunakan dengan memakai fungsi jaring (mesh). Salah satu bentuk jaring poligon adalah jalur segitiga seperti Gambar III-2 berikut :



Gambar III-2  
Jaring segitiga yang dibentuk oleh 11 segitiga menghubungkan 13 vertex

Fungsi tersebut menggambarkan  $n - 2$  segitiga yang saling berhubungan, menyatakan koordinat-koordinat untuk ujung sudut (vertex)  $n$ . Fungsi lain yang sama adalah jaring segiempat, yang menggambarkan sebuah jaring  $(n - 1)$  kali  $(m - 1)$  segiempat, memberikan koordinat untuk sebuah  $n \times m$  barisan ujung sudut (vertex), seperti pada Gambar III-3 berikut :





Gambar III-3

Jaring empat sisi mengandung 12 segiempat yang dibentuk dari 5 x 4 array vertex input

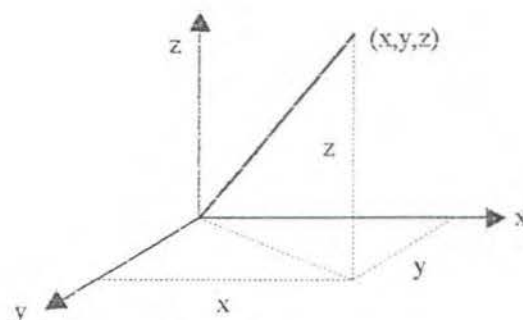
Jika poligon-poligon terdiri lebih dari tiga ujung sudut (vertex), dimungkinkan ujung sudut (vertex) tersebut tidak semua digunakan dalam satu bidang. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan numerik atau kesalahan dalam pemilihan posisi koordinat ujung sudut (vertex). Suatu cara yang mudah untuk mengatasi masalah ini yaitu membagi poligon-poligon menjadi bentuk segitiga.

### III.2.3. SISTEM KOORDINAT CARTESIAN –3D

Dengan dibutuhkannya input data yang berupa titik-titik koordinat 3-D dalam penyajian obyek 3-D dengan komputer grafis, maka dibutuhkan suatu sistem koordinat ruang (3-D).

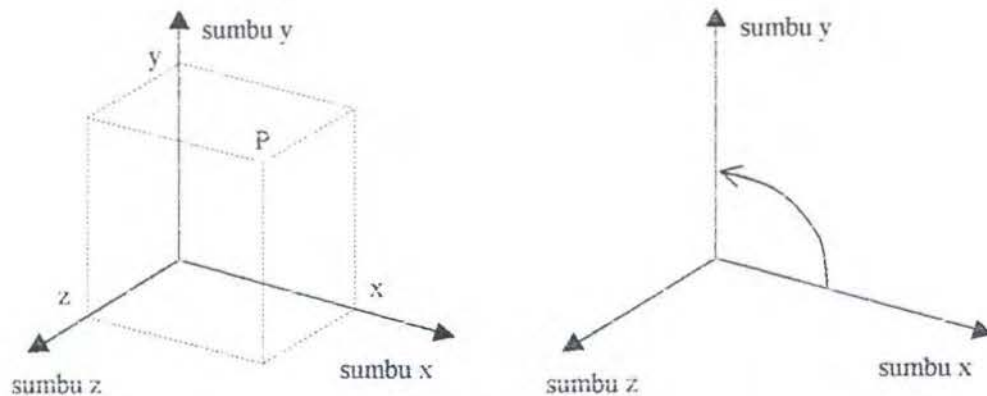
Kemasan grafis (graphic package) biasanya membutuhkan apa yang dinamakan paramater-parameter koordinat yang memberikan spesifikasi

terhadap sumbu koordinat Cartesian. Tetapi pada beberapa aplikasi, sistem koordinat non-Cartesian juga digunakan. Bola (spherical), silinder (cylindrical), atau bentuk-bentuk simetris lainnya sering dimasukkan dalam penjabaran gambar atau manipulasi obyek. Hal ini hanya dapat dilakukan jika menggunakan sistem grafis khusus. Hal utama yang harus kita lakukan adalah merubah diskripsi non-Cartesian suatu obyek kedalam koordinat Cartesian. Disini akan digunakan sistem koordinat Cartesian geometri. Untuk sistem koordinat 3-D digunakan tiga komponen titik dengan masing-masing sumbu koordinat  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ , seperti pada gambar III-4 di bawah ini.



Gambar III-4  
Sistem koordinat tiga dimensi

Atau dapat digunakan sistem koordinat tangan-kanan.



Gambar III-5  
Koordinat Cartesian dengan kaidah tangan kanan

Gambar III-5 menunjukkan sumbu koordinat konvensional pada sistem Cartesian 3-D yang dinamakan sistem tangan-kanan karena titik-titik pada ibu jari tangan-kanan dalam arah sumbu positif z dengan membayangkan arah putaran jari-jari dari sumbu positif x ke sumbu positif y (sepanjang  $90^\circ$ ).

### III.3. B-SPLINE CURVE

Pada dasarnya obyek tiga dimensi secara umum dapat diartikan sebagai rangkaian atau susunan beberapa obyek 2D yang sedemikian rupa membentuk ruangan (space). Susunan tersebut boleh jadi membentuk sudut ataupun kelengkungan. Sebuah komputer dalam menyajikan gambar 3D sebenarnya hanya merupakan suatu obyek gambar 2D (sesuai dengan

media layarnya). Dimana kesan 3D yang tampak atau ditangkap oleh mata (pengguna) hanya setelah dilakukan rendering yaitu pemberian kontur permukaan, pewarnaan beserta gradasinya dan pemberian intensitas pencahayaan yang berbeda-beda sesuai dengan bentuk obyek.

Kebanyakan komputer menggambarkan obyek 3D menggunakan sistem proyeksi dan tampilan permukaannya berupa rangkaian/susunan beberapa garis ataupun kurva. Suatu obyek 3D oleh komputer akan dibagi dalam beberapa titik simpul (knot) yang dapat mewakili bentuk sebenarnya. Artinya semakin banyak titik simpul (knot) yang digunakan komputer maka gambar 3D yang dihasilkan akan semakin baik, tetapi tentunya akan menurunkan kecepatan komputer dalam melakukan perhitungan dan perlakuan-perlakuan yang lain dari gambar tersebut. Selanjutnya titik-titik simpul (knot) tersebut akan dihubungkan dengan garis sesuai dengan pola yang digunakan oleh komputer. Garis-garis penghubung titik akan membentuk polyline dan selanjutnya membentuk suatu polygon, rangkaian polygon membentuk jaring-jaring polygon atau yang lebih dikenal sebagai mesh.

Karena modus yang digunakan komputer adalah meshing maka untuk penggambaran obyek 3D yang memiliki kelengkungan kurva yang ada akan diwakili oleh kurva patah-patah (polyline). Seperti telah dijelaskan diatas hal ini terjadi karena keterbatasan komputer dalam menentukan titik simpul yang menyusun. Permasalahan ini dapat diatasi dengan cara



matematis, disini penulis memakai metode B-spline curve untuk membentuk kurva dari rangkaian titik-titik simpul (knot) suatu model. Metode B-spline curve tidak akan dijelaskan disini karena penulisan tugas akhir ini ditekankan bukan pada perhitungan matematis pemodelannya. Dengan metode B-spline curve ini suatu polyline akan dibentuk suatu kurva smooth yang mendekati sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

## **BAB IV**

### **KOMPUTERISASI**

Dalam tahap assembly, penggabungan antara blok/sub blok yang satu dengan yang lain memerlukan ketepatan akurasi yang tinggi untuk memperoleh hasil yang optimum. Akurasi tersebut salah satunya meliputi dimensi blok-blok yang akan digabung harus sesuai dengan rancangannya ataupun bila masih terdapat perbedaan, perbedaan tersebut harus berada dalam batasan toleransi.

Dari alasan-alasan diatas maka blok/sub blok yang akan dirangkai harus dibandingkan dengan model desain. Hasil perbandingan dimensi antara aktual dan desain selanjutnya diperiksa apakah layak untuk diassembly ataukah perlu dilakukan rework .

Matching process adalah usaha membandingkan dua obyek menurut bentuk dan dimensinya. Dalam tugas akhir ini komputerisasi matching process dilakukan dengan menempatkan dua obyek (blok/sub blok) aktual dan desain secara berimpitan dengan titik berat sebagai titik acuannya. Proses ini dilakukan dengan menempatkan obyek desain pada koordinat titik tertentu dengan posisi tetap (tidak berubah-ubah) dan obyek aktual akan digerakkan sedemikian rupa sehingga titik berat obyek desain dan titik berat aktual saling berimpitan (berada dalam satu titik dengan koordinat yang sama). Penetapan titik berat sebagai titik acuan ini bertujuan supaya apabila obyek aktualnya dilakukan transformasi (untuk

mencari perbedaan/penyimpangan antara obyek aktual dan desain yang paling minimum) maka titik berat tersebut tidak berubah kedudukannya. Setiap transformasi yang dilakukan terhadap obyek aktual, posisi setiap titik-titik simpul penyusun mesh/surface dibandingkan dengan titik-titik simpul penyusun obyek desain yang bersesuaian. Demikian dilakukan untuk setiap posisi obyek aktual secara berulang-ulang sehingga didapatkan perbedaan yang paling minimum.

#### □ Data Desain

Data desain berisikan titik-titik koordinat 3-D yang diambil dari gambar-gambar desain pembuatan suatu komponen kapal. Pelaksanaan pembacaan data desain memerlukan beberapa gambar yaitu; gambar kerja, *body plan*, dan bukaan kulit.

#### □ Data Aktual

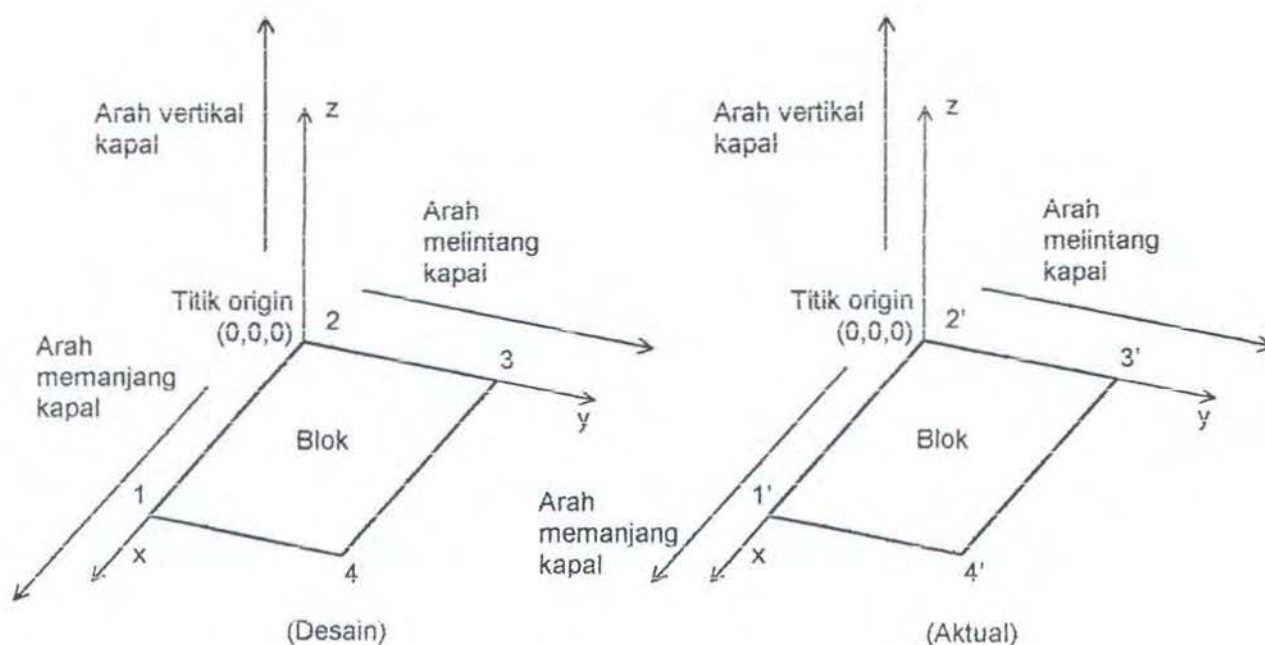
Data aktual yang digunakan berdasarkan data aktual lapangan. Alat yang digunakan untuk mencari data aktual dinamakan *marking table*. Hasil pengukuran menggunakan alat ini berupa data digital nilai titik-titik koordinat 3-D (x, y, z).

Titik-titik yang diukur dibuat berdasarkan garis-garis bantu dari gambar-gambar kerja berupa *marking line* ataupun *bending line* sebagai pedoman pembuatan dan pembentukan komponen kapal di bengkel fabrikasi yang berpotongan dengan gading. Sehingga titik-titik koordinat

baik desain maupun aktual mempunyai posisi yang sama dengan sistem satuan dimensi harus sama.

#### IV.1. SISTEM KOORDINAT *MATCHING PROCESS*

Ketentuan sistem koordinat pada *matching process* menggunakan sistem koordinat lokal diilustrasikan sebagai berikut :



**Gambar IV-1**  
Penentuan titik origin koordinat 3-D *Matching Process*

- Titik yang diasumsikan sebagai titik origin sumbu koordinat 3-D antara desain dan aktual kapal harus mempunyai letak yang sama. Misalnya koordinat salah satu ujung blok adalah (0,0,0).



- Titik origin untuk komponen dengan letak melintang kapal pada salah satu ujung blok sesuai dengan bentuk masing-masing komponen.
- Arah sumbu x untuk desain dan aktual sesuai dengan arah memanjang kapal.
- Arah sumbu y untuk desain dan aktual sesuai dengan arah melintang kapal.
- Arah sumbu z untuk desain dan aktual sesuai dengan arah vertikal kapal.
- Posisi komponen saat pengukuran dan penggambaran sesuai dengan posisi aslinya pada konstruksi kapal.

## IV.2. KONSEP LANGKAH MATCHING PROCESS

Pada dasarnya matching process adalah membandingkan dimensi antara obyek aktual dengan obyek desain. Konsep program matching process ini akan menggambarkan suatu obyek aktual yang bergerak lurus kebawah dengan lintasan lurus dari ketinggian tertentu dengan titik acuannya adalah titik berat obyek tersebut. Sedangkan obyek desain ditempatkan tepat dibawahnya dengan posisi yang tepat dan tidak berubah-ubah. Langkah selanjutnya adalah menempatkan kedua titik berat obyek tersebut dalam satu titik koordinat artinya kedua titik berat kedua obyek tersebut saling berhimpit. Pada keadaan tersebut kemudian dicatat posisi setiap titik kedua obyek dan dibandingkan satu dengan yang

lain pada titik yang bersesuaian. Berikutnya obyek aktual digerakkan secara rotasidengan titik berat sebagai titik perputaran baik terhadap sumbu x, sumbu y maupun sumbu z, dimana setiap posisi yang baru dilakukan pencatatan dan perhitungan (dibandingkan) dari setiap titik yang bersesuaian. Demikian dilakukan berulang-ulang sampai ditemukan posisi yang paling optimal, yaitu mempunyai perbedaan yang paling kecil.

Penentuan perbedaan setiap titik tersebut menggunakan batas toleransi yang ditentukan oleh pengguna program. Perbedaan yang masih dalam batas toleransi akan diabaikan, dapat diartikan semakin kecil batasan toleransi yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin akurat.

Langkah-langkah konsep matching process seperti yang telah digambarkan diatas dapat digambarkan sebagai diagram skema berikut:



Gambar IV-2  
Langkah Matching Process

➤ Data Input

Input ini berupa data aktual, data desain dan batas toleransi untuk digunakan sebagai data awal dalam perhitungan penyimpangan dimensi. Input ini dimasukkan oleh pengguna pada tabel yang telah disediakan dalam tampilan awal program. Karena data input ini adalah data koordinat tiga dimensi yang nantinya



dijadikan acuan oleh komputer baik untuk penggambaran maupun perhitungan maka penulisan data input tersebut harus teliti dan benar. Juga perlu diperhatikan cara memasukkan koordinat titik-titik tersebut pada koordinat yang sesuai dengan data aslinya. Pada program ini, karena yang dianalisa adalah obyek 3D, maka penentuan titik-titik koordinat didasarkan pada nomor-nomor indeks. Penentuan nomor-nomor indeks ini harus sesuai antara data aktual dan desainnya.

Pada input ini juga termasuk batas toleransi dan koordinat titik berat. Dalam menentukan koordinat titik berat yang perlu diperhatikan adalah bahwa koordinat titik-titik dan koordinat titik berat harus mempunyai titik origin yang sama untuk setiap datanya. Batas toleransi adalah nilai yang berharga mutlak yaitu suatu nilai batas toleransi akan diartikan oleh komputer sebagai sebuah range antara nilai positif dan nilai negatif dari input yang dimasukkan tersebut.

#### ➤ Penggambaran Grafis

Penggambaran komponen dalam matching process ini menggunakan rutin-rutin yang terdapat dalam bahasa pemrograman Borland Delphi. Borland Delphi yang digunakan disini adalah versi 3 yang telah mendukung transfer data 32 bit, sehingga program Matching Process ini hanya bisa dijalankan



pada komputer dengan basis sistem Windows 95, Windows NT atau sistem-sistem baru yang mendukung transfer data 32 bit. Gambar 3D tersebut berupa gambar jaring-jaring poligon.

➤ Perhitungan

Perhitungan dalam matching process ialah membandingkan setiap titik koordinat 3D dan setiap selisih yang ada dilihat apakah masih berada dalam batas toleransi, jika selisih berada dalam batas toleransi, selisih tersebut diabaikan atau tidak dinyatakan sebagai penyimpangan. Sedangkan apabila terdapat nilai selisih yang melebihi batas toleransi maka titik tersebut dinyatakan mengalami penyimpangan dan selanjutnya penyimpangan tersebut dicatat. Perhitungan ini diulang untuk setiap posisi obyek aktual, sampai didapatkan penyimpangan yang paling minimal.

Langkah-langkah perhitungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

- ❖ Membandingkan titik-titik koordinat 3D aktual ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ) dengan titik-titik koordinat 3D desain ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ).
- ❖ Menentukan titik-titik koordinat yang memiliki selisih ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ).
- ❖ Mencari selisih yang paling kecil ( $\Delta x'$ ,  $\Delta y'$ ,  $\Delta z'$ ) yang masih dalam batas toleransi.

- ❖ Menghitung besar penyimpangan pada semua titik yang menyimpang diluar batas toleransi ( $\Delta x''$ ,  $\Delta y''$ ,  $\Delta z''$ ) dan mengurangkannya dengan ( $\Delta x'$ ,  $\Delta y'$ ,  $\Delta z'$ ).

➤ Data Output

Setelah program dijalankan dan dilakukan perhitungan oleh komputer akan didapatkan data output. Output tersebut terdiri atas tabel penyimpangan dan kurva penyimpangan. Output ini akan ditampilkan pada tampilan terakhir dari program matching process. Data output merupakan hasil perhitungan yang dilakukan oleh komputer yang dapat disimpan dalam file ataupun dicetak.

### IV.3. PROGRAM MATCHING PROCESS

Seperti telah disinggung diatas bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat program matching process ini adalah bahasa program Borland Delphi release 3, yaitu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang memiliki keunggulan-keunggulan. Bahasa program ini telah mendukung object oriented programming (OOP) sehingga mempermudah penulis, dalam menyusun tugas akhir ini. Bahasa program ini dapat menghasilkan perangkat lunak dengan tampilan yang menarik dan bersifat user friendly untuk mempermudah pengguna program melakukan perhitungan-perhitungan. Borland Delphi menggunakan basis bahasa program Pascal sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi. Seperti telah diketahui bersama bahwa bahasa Pascal adalah salah satu program yang

banyak dipakai dalam aplikasi-aplikasi bidang teknik karena kemudahan dan kemampuannya.

Borland Delphi membagi suatu program menjadi beberapa file untuk kemudahan melakukan pembacaan, pembetulan, dan lain-lain. Program bentukan Borland Delphi tersebut secara garis besar terdiri dari:

- File Utama.

File utama ini adalah file yang mengatur file-file unit, form, kompilasi dan lain-lain

- File Unit.

File ini berisikan rutin-rutin yang menangani perhitungan, tampilan, komponen dan interaksi dengan pengguna.

- File Form.

File ini menyimpan data-data dari sebuah form/jendela yang telah dibuat.

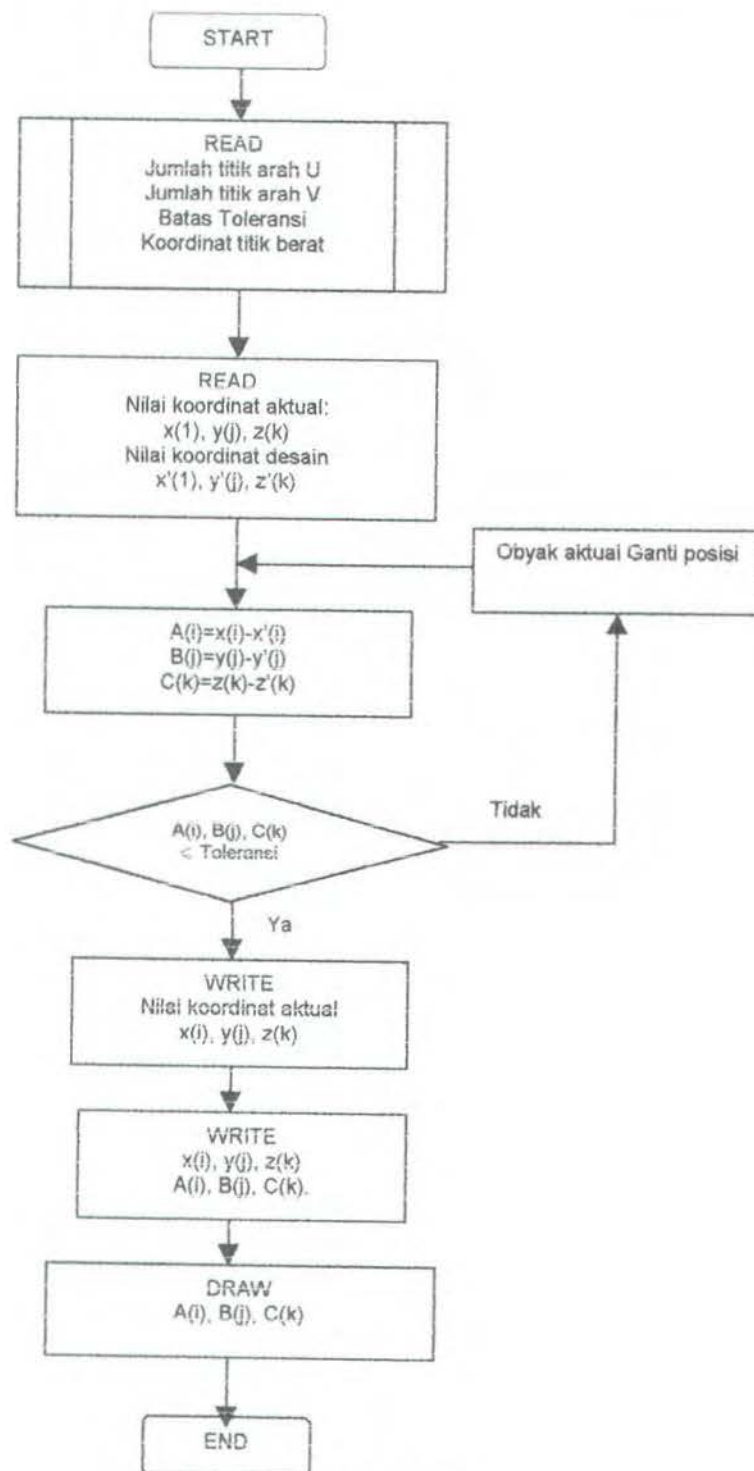
## **BAB V**

### **PENYUSUNAN PROGRAM**

#### **V.1. DIAGRAM ALUR PROGRAM MATCHING PROCESS**

Berikut ini merupakan diagram alur program matcing process yang digunakan sebagai dasar atau pedoman penyusunan/pembuatan program. Diagram alur ini juga menggambarkan logika perhitungan dan alur program:



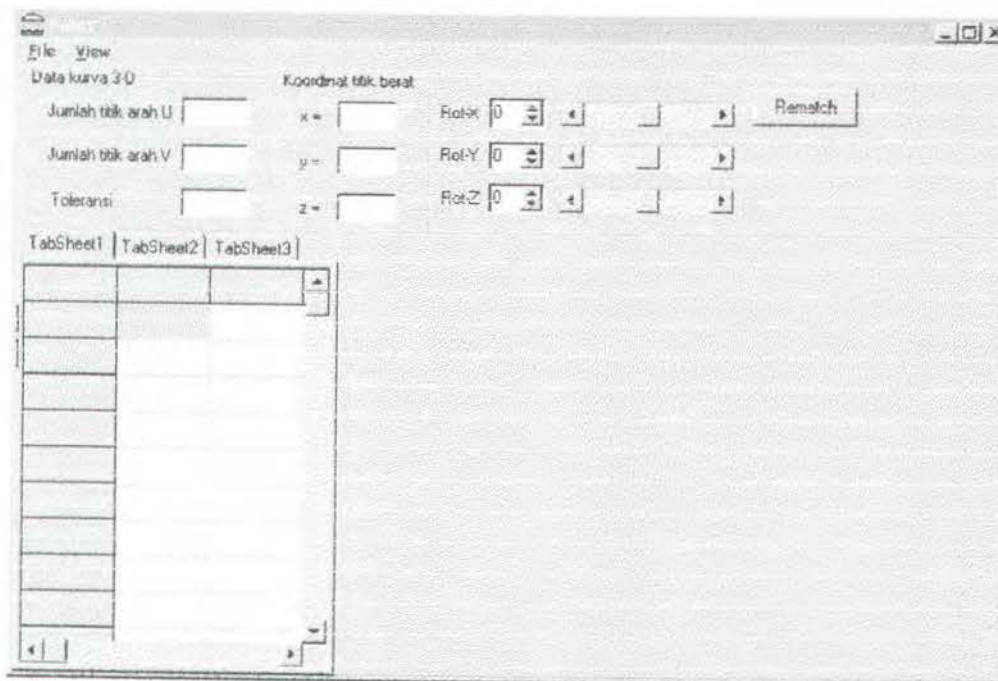


Gambar V.1  
Diagram alur Matching Process

## V.2. STRUKTUR PROGRAM MATCHING PROCESS

Dalam Delphi struktur program disusun dalam suatu bentuk form yang membentuk suatu tampilan window (jendela). Satu form membentuk satu tampilan window. Dalam satu form dapat disusun suatu listing program sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Listing program untuk setiap form disimpan dalam suatu file unit yang berisi rutin-rutin yang menangani setiap kegiatan atau perintah yang diberikan lewat tampilan form tersebut. Struktur prototipe program matching process ini disusun menjadi beberapa form yaitu:

1. Form utama atau form induk.



Gambar V-2  
Tampilan form utama

Form ini terdiri dari:

➤ Menu Bar:

➤ File

➤ Open,

➤ Save

➤ Exit

➤ View

➤ Grafik U

➤ X,

➤ Y,

➤ Z.

➤ Grafik V

➤ X,

➤ Y

➤ Z

➤ Kelompok "Data Kurva 3D"

➤ Text "Jumlah Titik Arah U",

➤ Text "Jumlah Titik Arah V",

➤ Toleransi

➤ Kelompok "Koordinat Titik Berat"

➤ x,

➤ y,

➤ z.

➤ Kelompok Tabel Data

➤ Aktual

➤ (U,V)

➤  $x_i$

➤  $y_i$

➤  $z_i$

➤ Desain

➤ (U,V)

➤  $x_i$

➤  $y_i$

➤  $z_i$

➤ Perbedaan

➤ (U,V)

➤  $x_i$

➤  $y_i$

➤  $z_i$

➤ Teta  $x_i$

➤ Teta  $y_i$

➤ Teta  $z_i$

➤ Tombol "Rematch"

➤ Papan Tampilan Gambar

➤ Rot X

➤ Rot Y



---

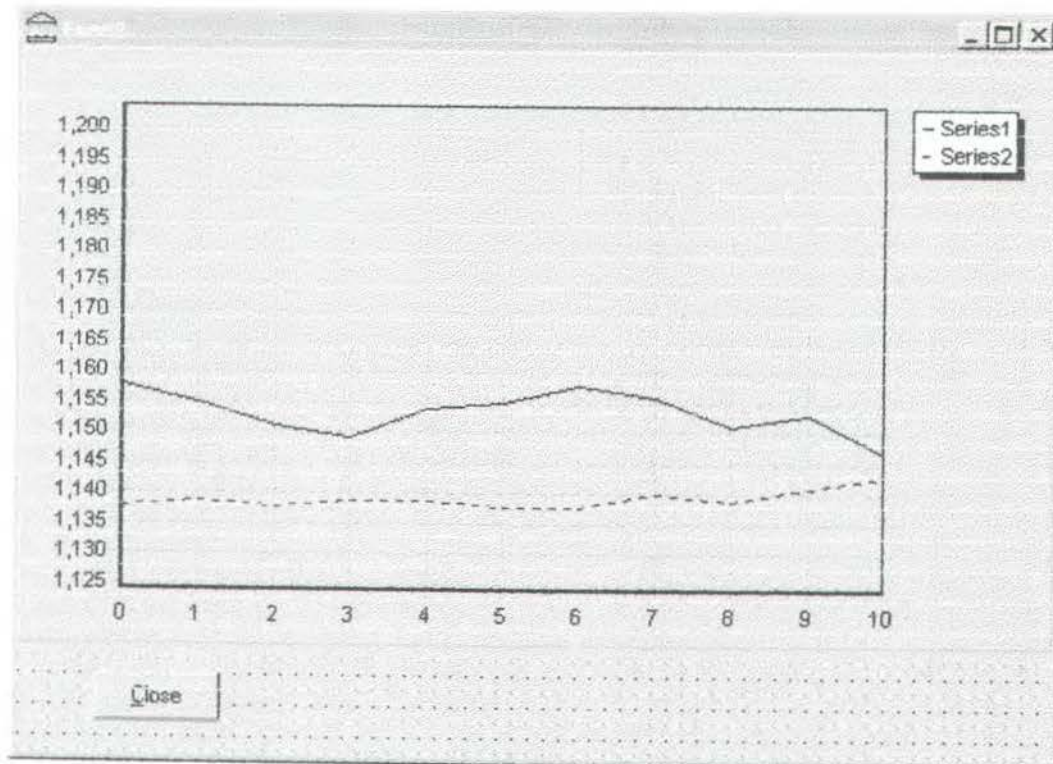
➤ Rot Z

➤ Tiga buah balok geser

Langkah Penggunaan:

- Memasukkan jumlah titik dalam arah U (untuk data aktual)
- Memasukkan jumlah titik dalam arah V
- Memasukkan nilai toleransi
- Memasukkan koordinat titik berat
- Empat langkah diatas dapat diganti dengan membuka file, bila telah memiliki file data.
- Langkah-langkah diatas diulang untuk data desainnya.
- Tekan tombol untuk melihat bentuk grafis komponen blok 3D kapal dan untuk memerintah komputer melakukan perhitungan matching process serta menggambarkan kurva penyimpangannya.
- Untuk merubah sudut pandangan digunakan 3 balok geser dan/atau memasukkan input sudut rotasi pada Rot X, Rot Y, Rot X.
- Untuk melihat hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel, pada tabset "Perbedaan".
- Untuk melihat kurva hasil perhitungan cukup dengan memilih perintah pada menu "View".

## 2. Form tampilan kurva hasil



Gambar V-3  
Tampilan form kurva

Pada form ini terdapat:

- Layar tampilan kurva
- Tombol "Close"

## BAB VI

### DISKUSI DAN REKOMENDASI

Dalam Tugas Akhir ini penulis mencoba menyusun suatu uraian mengenai suatu metode dalam pemeriksaan proses pembangunan kapal yang disebut *matching process* yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya. Hal ini merupakan metode baru dan belum pernah diterapkan dalam proses pembangunan kapal maupun industri perkapalan pada umumnya. Metode ini menggunakan sistem komputerisasi dengan harapan bahwa pelaksanaan dapat lebih cepat dan hasil yang baik. Untuk sementara ini hasil dari Tugas Akhir ini berupa suatu protipe program komputer *matching process*.

Seperti telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya langkah metode *matching process* ini memerlukan dua data *input*, yaitu data desain dan aktual. Data desain digunakan sebagai acuan perhitungan penyimpangan yang terjadi. Sedangkan data aktual dapat diperoleh dari pengukuran komponen yang telah jadi menggunakan suatu alat tertentu, dalam hal ini penulis menggunakan *marking table*. Hasil atau data *output* program komputer *matching process* ini adalah suatu data dan kurva penyimpangan dari komponen 3-D kapal yang diperiksa. Dengan menganalisa kurva penyimpangan pada setiap titik yang menyimpang

tersebut dapat diketahui besar penyimpangan yang terjadi dan dapat diketahui apakah komponen yang diproses tersebut sesuai dengan perencanaan atau tidak.

Karena metode ini benar-benar baru, hasil yang diperoleh merupakan konsep awal sehingga masih terdapat beberapa kekurangan antara lain :

- Data desain yang diperlukan oleh program ini sangat tergantung dari ketelitian pembacaan gambar rencana maupun gambar kerja.
- Pembacaan data aktual sangat tergantung pada kemampuan dan kondisi alat ukur yang digunakan.
- Sulitnya pembacaan data komponen kapal dalam bentuk yang kompleks dengan jumlah titik koordinat 3-D yang sangat banyak.
- Tingkat ketepatan bentuk dalam penggambaran grafis komponen tergantung pada jumlah titik koordinat yang digunakan. Hal ini dikarenakan penggambaran grafis menggunakan metode *3D mesh*.

Oleh karena itu masih diperlukan beberapa penyempurnaan untuk pengembangan selanjutnya agar semua kekurangan diatas dapat dihilangkan. Saran yang dapat penulis berikan adalah :

- Pembacaan data desain menggunakan sistem terpadu *database* antara bagian perencanaan dan bagian produksi (*manufacturing*) agar data desain langsung dapat digunakan tanpa perlu pembacaan manual.





- Pembacaan atau pengukuran data aktual komponen aktual menggunakan suatu alat ukur yang mempunyai tingkat akurasi yang tinggi misal peralatan optik (*laser*).
- Dalam penggunaan nyata di lapangan apabila kedua cara pembacaan data *input* diatas digabungkan menjadi suatu sistem yang terpadu beserta *interface*-nya masing-masing, untuk sistem *matching* yang lebih kompleks, hasil yang diperoleh akan lebih baik dan optimal.

Selain itu kemungkinan pengembangan penggunaan *matching process* ini dapat diterapkan pada tahap *erection* yaitu untuk mengetahui apakah nantinya pemasangan antar blok sudah tepat atau belum.

Dari kedua hal tersebut diatas diperlukan pengkajian lebih lanjut mengenai bagian-bagian yang perlu diadakan proses *matching* dan posisi titik-titik acuan yang akan digunakan.

## BAB VII

### KESIMPULAN

Berdasarkan proses selama pembuatan program yang dilakukan pada tiap langkah metode *matching process* ini dan hasil akhir yang didapatkan penulis dapat menarik simpulan sebagai berikut :

- Setelah melaksanakan pembacaan dan pengukuran data *input* serta dimasukkan dalam program komputer, hasil akhir metode *matching process* adalah :
  - Tabel data penyimpangan untuk masing-masing titik komponen 3-D kapal.
  - Kurva penyimpangan.

Dari kedua data tersebut dapat diketahui penyimpangan yang terjadi pada komponen yang diperiksa. Dengan membaca kurva penyimpangan dapat diketahui penyimpangan secara detail. Oleh karena itu penggunaan metode *matching process* dengan sistem komputerisasi penyimpangan yang terjadi pada proses produksi komponen kapal dapat diketahui secara detail dan akurat.

- Pada proses penyusunan pemrograman komputer penulis terbentur pada keterbatasan kemampuan bahasa pemrograman yang dipakai

---

baik dari segi analisa numerik maupun penggambaran grafis.

- Apabila prototipe program *matching process* ini berdiri sendiri, tanpa digabungkan dengan database perencanaan dan peralatan pengukuran yang menjadi satu kesatuan, hasil yang diperoleh kurang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- ♦ Associate Professor Ola Westby, **Dimensional Control for Building a ship-a key topic of Managing Ship Production**, University of Strathclyde, Glasgow.
- ♦ Beach, Robert C., **An Introduction to the Curve and Surfaces of Computer Aided Design**, Van Nostrand Reinhold, New York 1991.
- ♦ Hearn, Donald and Pauline Baker, M., **Computer Graphics 2<sup>nd</sup> Edition**, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1994.
- ♦ Kristianto, Anton , **Komputerisasi Penyimpangan Bentuk Komponen 3-D Dalam Proses Produksi Dengan Metode Matching Process**, Tugas Akhir, FTK ITS, 1998.
- ♦ Manninen, Markku dan Jaatinen, Jarl, **Productive Method and System to Control Dimensional Uncertainties at Final Assembly Stages in Ship Production**, Journal of Ship Production Vol. 8 No. 4, November 1992.
- ♦ Pranata, Antony, **Pemrograman Borland Delphi**, Andi Offset, Yogyakarta, 1996.
- ♦ Soejitno, **Diktat Teknik Produksi Kapal**, FTK ITS.
- ♦ T., Bill, K. Vince with N., Ray and S., Brad, **Delphi a Developer's Guide**, M and T Books, New York, 1995.
- ♦ Yuzaki, Masaaki dan Okomoto , Yasuhisa, **An Approach to a New Ship Production System Based on Advanced Accuracy control**, Journal of Ship Production Vol. 9 No. 2, May 1993.



LAMPIRAN

```

program Match;

uses
  Forms,
  Unit1 in 'Unit1.pas'
  {Form1},
  Unit2 in 'Unit2.pas'
  {Form2};

{$R *.RES}

begin
  Application.Initialize;

  Application.CreateForm(TForm1, Form1);

  Application.CreateForm(TForm2, Form2);
  Application.Run;
end.

```

```

//*****
//*****
//*****

```

```

//
// This translation for
// Delphi 32 bit provided
// courtesy of:
//
// Artemis Alliance, Inc.
// 289 E. 5th St, #211
// St. Paul, Mn 55101
// (612) 227-7172
//
// 71043.2142@compuserve.com
//
// Custom software
// development, specializing
// in Delphi and CAD.
//
//
//*****
//*****
//*****

```

```

//
// NOTE : If you find any
// errors or omissions please
// email them to

```

```

// Richard Hansen at
//
//
// 71043.2142@compuserve.com
// or
// 70242.3367@compuserve.com
//

```

```

// Any future updates
// will be placed on the BDELPHI32
// forum on
// CompuServe.
//
//*****
//*****
// HISTORY
//*****
// 03/25/96 First translation
// RWH
//
//*****
//*****

```

```

(*++ BUILD Version: 0004 //
Increment this if a change has
global effects

```

```

Copyright (c) 1985-95, Microsoft
Corporation

```

```

Module Name:

```

```

glu.h

```

```

Abstract:

```

```

Procedure declarations,
constant definitions and macros
for the OpenGL
Utility Library.

```

```

--*)

```

```

{+
** Copyright 1991-1993, Silicon
Graphics, Inc.
** All Rights Reserved.
**
** This is UNPUBLISHED
PROPRIETARY SOURCE CODE of
Silicon Graphics, Inc.;
** the contents of this file may
not be disclosed to third
parties, copied or
** duplicated in any form, in
whole or in part, without the
prior written
** permission of Silicon
Graphics, Inc.
**

```

**\*\* RESTRICTED RIGHTS**

**LEGEND:**

\*\* Use, duplication or disclosure by the Government is subject to restrictions  
 \*\* as set forth in subdivision (c)(1)(ii) of the Rights in Technical Data  
 \*\* and Computer Software clause at DFARS 252.227-7013, and/or in similar or  
 \*\* successor clauses in the FAR, DOD or NASA FAR Supplement. Unpublished -  
 \*\* rights reserved under the Copyright Laws of the United States.  
 \*)

unit GLU;

interface

Uses

GL;

type

TViewportArray =  
 Array[0..3] of GLint;  
 TMatrixDblArray =  
 Array[0..15] of GLdouble;  
 TMatrixFltArray =  
 Array[0..15] of GLfloat;  
 TCoordArray =  
 Array[0..2] of GLdouble;  
 T4PointerArray =  
 Array[0..3] of Pointer;  
 T4FloatArray =  
 Array[0..3] of GLfloat;

TGLUquadricObj = record  
 end;  
 PGLUquadricObj =  
 ^TGLUquadricObj;

TGLUtesselator = record  
 end;  
 PGLUtesselator =  
 ^TGLUtesselator;

TGLUnurbsObj = record  
 end;  
 PGLUnurbsObj =  
 ^TGLUnurbsObj;

/\*\*\*\*\* Callback  
 function prototypes \*\*\*\*  
 type

// gluQuadricCallback  
 TGLQuadricErrorProc =  
 Procedure(errcode: GLenum);  
 stdcall;

// gluNurbsCallback  
 TGLNurbsErrorProc =  
 Procedure(errcode: GLenum);  
 stdcall;

// gluTessCallback  
 TGLUtessBeginProc =  
 Procedure(atype: GLenum);  
 stdcall;  
 TGLUtessEdgeFlagProc =  
 Procedure(flag: GLboolean);  
 stdcall;  
 TGLUtessVertexProc =  
 Procedure(vertex\_data: Pointer);  
 stdcall;

TGLUtessEndProc =  
 Procedure; stdcall;  
 TGLUtessErrorProc =  
 Procedure(errno: GLenum);  
 TGLUtessCombineProc =  
 Procedure(var coords:  
 TCoordArray; var vertex\_data:  
 T4PointerArray;

var weight: T4FloatArray; var  
 dataOut: Pointer); stdcall;  
 TGLUtessBeginDataProc =  
 Procedure(atype: GLenum;  
 polygon\_data: Pointer); stdcall;  
 TGLUtessEdgeFlagDataProc =  
 Procedure(flag: GLboolean;  
 polygon\_data: Pointer); stdcall;  
 TGLUtessVertexDataProc =  
 Procedure(vertex\_data: Pointer;  
 polygon\_data: Pointer); stdcall;

TGLUtessEndDataProc =  
 Procedure(polygon\_data:  
 Pointer); stdcall;  
 TGLUtessErrorDataProc =  
 Procedure(errno: GLenum;  
 polygon\_data: Pointer); stdcall;  
 TGLUtessCombineDataProc =  
 Procedure(var coords:  
 TCoordArray; var vertex\_data:  
 T4PointerArray;

var weight: T4FloatArray; var  
 dataOut: Pointer; polygon\_data:  
 Pointer); stdcall;

```

Function
gluErrorString(errCode:
GLenum): PGLubyte;

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Function
gluErrorUnicodeStringEXT(er
rCode: GLenum): PWideChar;

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Function gluGetString(name:
GLenum): PGLubyte;

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Procedure gluOrtho2D(left:
GLdouble; right: GLdouble;
bottom: GLdouble; top:
GLdouble);

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Procedure
gluPerspective(fovy:
GLdouble; aspect: GLdouble;
zNear: GLdouble; zFar:
GLdouble);

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Procedure gluPickMatrix(x:
GLdouble; y: GLdouble;
width: GLdouble; height:
GLdouble; viewport:
TViewportArray);

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Procedure gluLookAt(eyex:
GLdouble; eyey: GLdouble;
eyez: GLdouble; centerx:
GLdouble; centery:
GLdouble;

centerz: GLdouble; upx:
GLdouble; upy: GLdouble;
upz: GLdouble);

stdcall; external
'GLU32.DLL';
Function gluProject(objx:
GLdouble; objy: GLdouble;
objz: GLdouble; const
modelMatrix:
TMatrixDblArray;

```

```

const
projMatrix: TMatrixDblArray;
const viewport: TViewportArray;
var winx:
GLdouble; var winy: GLdouble;
var winz: GLdouble): INT;

stdcall; external 'GLU32.DLL';
Function gluUnProject(winx:
GLdouble; winy: GLdouble; winz:
GLdouble; const modelMatrix:
TMatrixDblArray;

const
projMatrix: TMatrixDblArray;
const viewport: TViewportArray;
var objx: GLdouble;

var objy:
GLdouble; var objz: GLdouble):
INT;

stdcall; external 'GLU32.DLL';

Function gluScaleImage(format:
GLenum; widthin: GLint;
heightin: GLint; typein: GLenum;
const datain:

widthout:
GLint; heightout: GLint;
typeout: GLenum; var dataout):
INT;

stdcall; external 'GLU32.DLL';

Function
gluBuild1DMipmaps(target:
GLenum; components: GLint;
width: GLint; format: GLenum;
atype: GLenum;

const
data): INT;

stdcall; external 'GLU32.DLL';
Function
gluBuild2DMipmaps(target:
GLenum; components: GLint;
width: GLint; height: GLint;
format: GLenum; atype: GLenum;

const
data): INT;

stdcall; external 'GLU32.DLL';

Function gluNewQuadric:
PGLUquadricObj;

stdcall; external 'GLU32.DLL';
Procedure
gluDeleteQuadric(state:
PGLUquadricObj);

```



```

    Until (Ord(S[1]) >
32) or (Length(S) = 0);
    result := S;
End;

Function RealToStr(N :
Real; P, D : Integer) :
String;
Var
    S : String;
Begin
    Str(N : P : D, S);
    Result := S;
End;

Function ShortDir(Dir :
String; L : Integer) :
String;
Var
    R : Integer;
    H : String;
Begin
    ShortDir := Dir;
    R := Length(Dir);
    If R > L Then
        Begin
            H :=
Copy(Dir, R - 13, 256);
            Repeat
                H :=
Copy(H, Pos('\', H) + 1, 13);
            Until
                (Pos('\', H) = 0);
            H := '...\ '
+ H;
            ShortDir :=
Copy(Dir, 1, L - Length(H))
+ H;
        End;
    End;
End;

Procedure CopyFile(const
SourceName, DestName:
TFileName);
Var
    CopyBuffer: Pointer; {
buffer for copying }
    BytesCopied: Longint;
    Source, Dest: Integer; {
handles }
    FileTime : Longint;
Const
    ChunkSize: Longint =
32768; { copy in 8K chunks }
Begin

```

```

    GetMem(CopyBuffer, ChunkSize);
    { allocate the buffer }

    Try
        Try
            Source :=
FileOpen(SourceName,
fmShareDenyWrite); { open source
file }
            if Source < 0 then raise
EFOpenError.Create('Unable to
Open ' +
ExtractFileName(SourceName));

        Try
            Try
                Dest :=
FileCreate(DestName); { create
output file; overwrite existing
}
                if Dest < 0 then raise
EFCREATEError.Create('Unable to
Create ' +
ExtractFileName(DestName));

            Try
                Try
                    repeat
BytesCopied := FileRead(Source,
CopyBuffer^, ChunkSize); { read
chunk }
                    if
BytesCopied > 0 then { if we
read anything... }
                        FileWrite(Dest, CopyBuffer^,
BytesCopied); { ...write chunk }
                        until ~
BytesCopied < ChunkSize; { until
we run out of chunks }

                    Except
                        on EInOutError do
MessageDlg('Input/Output
Error', mtInformation, [mbOK], 0);
                        End;

                Finally
                    {SetFileTimeStamp(Destination,
TimeStamp);} { clone source's
time stamp }{!!!!}
                    FileTime :=
FileGetDate(Source);
                    If FileTime <>
-1 Then FileSetDate(Dest,
FileTime);

```

```
FileClose(Dest); { close
the destination file }
```

```
end;
```

```
Except
```

```
on EInOutError
do MessageDlg('Input/Output
Error', mtInformation, [mbOK]
, 0);
```

```
End;
```

```
finally
```

```
FileClose(Source); {
close the source file }
end;
```

```
Except
```

```
on EInOutError do
MessageDlg('Input/Output
Error', mtInformation, [mbOK]
, 0);
```

```
End;
```

```
finally
```

```
FreeMem(CopyBuffer,
ChunkSize); { free the
buffer }
end;
end;
```

```
Var
```

```
S : PChar;
```

```
Begin
```

```
GetMem(S, 255);
```

```
GetWindowsDirectory(S,
255);
```

```
WinDir := StrPas(S);
```

```
If
```

```
WinDir[Length(WinDir)] <>
'\ ' Then
```

```
WinDir := WinDir +
```

```
'\ ';
```

```
FreeMem(S, 255);
```

```
AppDir :=
```

```
ExtractFilePath(Paramstr(0)
);
```

```
If
```

```
Appdir[Length(AppDir)] <>
```

```
'\ ' Then
```

```
AppDir := Appdir +
```

```
'\ ';
```

```
AppName :=
```

```
ExtractFileName(Paramstr(0));
```

```
AppName := Copy(AppName, 1,
```

```
Pos('.', AppName) - 1);
```

```
end.
```



**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS**  
**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN**

**DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NA 1701)**

Nama mahasiswa : DEDDY MERYANTO  
N.R.P. : 4192100028  
Tugas diberikan : Semester Genap 19 97 . / 19 98.  
Tanggal mulai tugas : 16. Maret. 1998  
Tanggal selesai tugas : 16. Juli. 1998  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Sjarief Widjaja, Ph.D.  
2. ....

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
21 Mar '98	Pembahasan bahan - bahan Tugas Akhir Literatur (Buku dan Jurnal)	
4 April '98	Pembahasan Proses Produksi tahap Assembly	
25 April '98	Pembahasan konsep Langkah Matching Proses	
30 Mei '98	Pembahasan data desain dan aktual pada tahap assembly (input)	
11 Juli '98	Pembahasan hasil output matching process	
20 Agust '98	Pembahasan flowchart program matching Process	
28 Okt '98	Pembahasan Listing Program	
12 Jan '98	Pembahasan seluruh Bahan atau Struktur TA	

lihat halaman berikutnya .....